

Série A, N° 1039

N° d'ordre: 1062

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

Mira ZORE-ARMANDA

1^{re} THÈSE — „Les masses d'eau de la Mer Adriatique”

2^e THÈSE — Proposition données par la Faculté

Soutenues le 8 juin 1963 devant la Commission d'examen.

MM. GLANGEAUD *Président.*

IVANOFF

SAINT-GUILY

} *Examineurs.*

Série A, N° 1039

N° d'ordre: 1062

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

Mira ZORE-ARMANDA

1^{re} THÈSE — „Les masses d'eau de la Mer Adriatique”

2^e THÈSE — Proposition données par la Faculté

Soutenues le 8 juin 1963 devant la Commission d'examen.

MM. GLANGEAUD *Président.*

IVANOFF

SAINT-GUILY

} *Examineurs.*



(Janvier 1963)

FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE PARIS

— Professeurs, —

Doyen..... M. ZAMANSKY

G. JULIA	T Analyse supérieure et Algèbre supérieure	TRILLAT	T Microscopie et diffraction électronique
PRENANT	T Anatomie et Histologie comparée	WIEMANN	T Chimie organique & struc.
GRASSE	T Evolution des êtres organisés	JACQUINOT	T Spectroscopie et physique céleste (Orsay)
PREVOST	T Chimie organique	VASSY	T Physique de l'atmosphère
WYART	T Minéralogie et Cristallographie	DESTOUCHES	T Théories Physiques
TEISSIER	T Zoologie	AMIEL	T Chimie générale
MANGENOT	T Biologie Vég. (Orsay)	HOCART	T Minéralogie et Cristallographie
AUGER	T Physique quantique et Relativité	J. P. MATHIEU	T Physique Optique
MONNIER	T Physiologie Générale	COUTEAUX	T Biologie animale (P. C. B.)
PIVETEAU	T Paléontologie	MAY	T Zoologie (Orsay)
ROCARD	T Physique (E. N. S.)	CHOQUET	T Théorie des fonctions et Topologie
CARTAN	T Mathématiques (E. N. S.)	FELDMANN	T Biologie Végét. marine
LAFFITTE	T Chimie générale	GUINIER	T Physique des Solides (Orsay)
FAVARD	T Géométrie supérieure	JOST	T Physiologie comparée
COULOMB	T Physique du Globe	FORTET	T Calcul des Probabilités et Physique mathématique
Mlle COUSIN	T Biologie Animale (SPCN)	SCHARTZ	T Calcul diff. et Intégral
CHRETIEN	T Chimie minérale	CHOUARD	T Physiologie végétale
DRACH	T Zoologie	MALAVARD	T Aviation (Techn. Aéronaut.)
KASTLER	T Physique (E. N. S.)	BRELOT	T Calcul diff. et Intégral
EPHRUSSI	T Génétique	NORMANT	T Chimie organique
RIVIERE	T Géologie SPCN & Sédim.	BENARD	T Chimie Minérale
GAUTHERET	T Biologie Vég. (PCB)	BUVAT	T Botanique (E. N. S.)
LUCAS R.	T Recherches Physiques	DUGUE	T Statistiques Mathématiques
THOMAS A.	T Biologie cellulaire	SOULAIRAC	T Psychophysiologie
ARNULF	T Optique appliquée	ULRICH	T Physiologie végétale
MORAND	T Physique Enseignement	MARECHAL	T Optique théori. & appliq.
SOLEILLET	T Physique (P. C. B.)	KIRRMANN	T Théories Chimiques
FORTIER	T Mécanique Exp. des Fluides	CHADEFAUD	T Botanique
DANJON	T Astronomie	Melle Le BRETON	T Physio. de la nutrition
PETIT	T Biologie maritime	SALEM	T Mathématiques générales
QUENEY	T Météorologie et dynamique atmosphérique	LELONG	T Application de l'analyse à la géométrie
GALLIEN	T Embryologie	DEVILLERS	T Anatomie et Histol. Comp.
EICHHORN	T Botanique	EHRESMANN	T Topologie Algébrique
DE CUGNAC	T Biologie Vég. (SPCN)	FRANÇON	T Physique (SPCN)
Melle CAUCHOIS	T Chimie Physique	GLANGEAUD	T Géographie Phys. & Géol. dynamique
THELLIER	T Physique du Globe	GODEMENT	T Mathématiques (M. P. C.)
L'HERITIER	T Biologie Gén. (Orsay)	PISOT	T Tech. Mathém. de la Phys.
GRIVET	T Radioélectricité (Orsay)	ROCH	T Géologie
PONCIN	T Mécanique Générale	SCHATZMAN	T Astrophysique
DUBREIL	T Arithm. & Théorie des Nombres	TERMIER	T Paléontologie stratig.
QUELET	T Chimie Organique	ZAMANSKY	T Mathématiques générales
CAGNIARD	T Géophysique appliquée	LENNUIER	T Physique (M. G. P.)
CHAMPETIER	T Chimie macromoléculaire	RIZET	T Génétique
CUVILLIER	T Micropaléontologie	ROUTHIER	T Géologie appliquée
JUNG	T Pétrographie		

Mme TONNELAT	T Physique théorique	FRIEDEL	T Physique (Orsay) Solides (Orsay)
DIXMIER	T Mathématiques (MPC)	M. JULIA	T Etudes des Moléculaires naturelles complexes
SOUCHAY	T Chimie générale	LENDER	T Biologie Anim. SFCN Orsay
AIGRAIN	T Electrotechnique géné.	MAGAT	T Physico-Chimie des radio-éléments
BRUSSET	T Chimie systématique	Melle QUINTIN	T Electrochimie
M. LEVY	T Physique théorique des hautes énergies (Orsay)	MONOD	T Chimie du métabolisme
Mme CHAIX	T Chimie biologique	BENOIT	T Physiol. anim. (Orsay)
Mme HUREL-PY	T Biologie végétale (P. C. B.)	DE POSSEL	T Analyse numérique
PIAUX	T Chimie (M. P. C.)	CHARLOT	T Chimie analytique
BRUN	T Mécanique théorique des Fluides	LEMEE	T Physiol. Vég. BMPV (Orsay)
LEDERER	T Chimie biologique	GUERIN	T Chimie MPC (Orsay)
Mme DUBREIL	T Mathématique (Agrég.)	CHATELET M.	T Chimie PCB
Mme LELONG	T Mathématiques II (ENS)	JEAN	T Physique Nucléaire Orsay
BELLAIR'	T Géologie (SPCN)	MATTLER	T Physique SFCN
COTTE	T Physique électricité	BERGERARD	T Zoologie (Orsay)
DUBOIS J.E	T Chimie organique	BERTEIN	T Electronique (Orsay)
LAMOTTE	T Zoologie (ENS)	BOUSSIÉRES	Chimie des radioéléments (Orsay)
MICHEL A.	T Chimie minérale (Orsay)	Mme COUTURE	T Thermodynamique et Méc. Physique
OLMER	T Energétique générale	ELLENBERGER	T Géologie des grandes régions du globe
ROUAULT	T Electricité (Orsay)	FRANC	T Biologie animale PCB
GAUTHIER	T Mécanique appliquée	SCHNELL	Botanique tropicale (Orsay)
BARCHEWITZ	T Chimie Physique	STOLKOWSKI	T Physiologie végétale
BROSSEL	T Physique atomique	ACHER	Chimie Biol. (Orsay)
BUSER	T Physiologie comparée	BAUDOIN	Biologie animale PCB
CAMUS	T Physiol. Végétale BMPV	BEAUMONT	Biologie animale SPCN
CASTAING	T Physique II Thermod. Orsay	BLAMONT	T Géophysique ionosphère
CURIEN	T Minéralogie et Cristallographie	BOURREAU	Botanique
MOYSE	T Physiologie végét. Orsay	CURIE D.	Physique MGP
NOIROT	T Evolution des Etres Org.	DURAND-DELGA	T Géologie
PANNETIER	T Chimie générale	FREON	T Chimie organique (Orsay)
POSSOMPES	T Zoologie	HELLER	T Physiolog. végétale
PULMANN	T Chimie quantique	TORTRAT	T Calcul des Probabilités
TEILLAC	T Physique Nucl. et Radio-activité	CAULLEUX	Géologie (SPCN)
TONNELAT	T Biologie Physico-chim.	MAGNAN	T Physique SPCN
VILLE	T Econométrie	DAUDEL	T Mécanique ondulatoire appl. à la chimie Théorique & à la Phys. Nucléaire.
WILLEMART	T Chimie (P. C. B.)	Melle FOURCROY	Biologie Végétale SPCN
DODE	T Chimie (Orsay)	Mme CHOQUET-BRUHAT	T Mécan. Analytique et méca. céleste.
FREYMANN	T Recherches Physiques	Melle VEIL	Physiologie Générale
GUINOCHET	T Biol. vég. SPCN (Orsay)	LWOFF	T Microbiologie
ROLLET	T Chimie minérale	SIESTRUNCK	T Mécan. Phys. & Expér. im.
Mlle JOSIEN	T Chimie SPCN	LACOMBE	T Métallurg. des métaux Nucléaires
CHEVALLEY	T Géométrie algéb. et théorie des groupes	BROCHARD	T Physique PCB (Orsay)
ARNOULT	T Electronique (Orsay)	CABANNES	T Mécanique générale
CHAPELLE	T Physique (Orsay)	LESIEUR	T Mathématiques I (Orsay)
DELANGE	T Mathématiques I (Orsay)	MAZET	T Mécanique générale (Orsay)
DENY	T Mathématiques Gén. Orsay	CAIRE	Géographie phys. et Géolog. Dynamique
GERMAIN	T Mécanique théor. des fluides	COMOLET	T Mécanique des fluides
LUCAS G.	T Géologie	CORABOEUF	Physiologie animale (Orsay)
ALLARD	T Chimie Physique	DELLOUE	Physique de l'exosphère
BERTHEDOT	T Phys. des particules Fond.		
BRICART	T Météor. et Phys. de l'Atmosphère		
Mme ALBE-FESSARD	T Psychophysiologie		

GORENFLOT	Botanique II (Orsay)	CHABBAL	Physique MGP (Orsay)
HOUILLON	Biologie animale PCB	DEHEUVELS	T Mathématique Propé (Orsay)
JULLIEN J.	Chimie SPCN (Orsay)	D' ESPAGNAT	Physique théorique (Orsay)
MALGRANGE	T Technique Math. de la Physique (Orsay)	FURON	Géologie SPCN
OLIVIER	Antropologie	Mme GANS	T Génétique
NOZERAN	T Botanique II (Orsay)	GENEVES	Biologie végétale PCB
BLANC- -LAPIERRE	T Physique ENS (Orsay)	GUILBERT	Physique (Cus Orléans)
CHEVAUGEON	T Botanique (Orsay)	HUPE	Pétrographie
KAHANE	T Mathématiques (Orsay)	HOLLANDE	T Biologie générale
SAMUEL	T Mathémat. ENS féminines	LIONS	T Analyse numérique
KOURGANOFF	T Astronomie (Orsay)	MAITTE	Chimie PCB
THIRY	T Mécanique céleste	MEYER	Physique propédeutique
ABELES	Physique SPSCN	NICOLAS	Géologie appliquée
AMAT	Physique PCB	PANIGEL	Biologie générale
AUBOIN	Géologie	RAVIER	Pétrographie
Mme BENOIT- -GUEUTAL	Physique Nucl. et Radioactivité	ROSEAU	T Mécanique théor. des Fluides
BOUGIS	Biologie marine (Ville- -franche mer)	ROUBINE	Electronique
BRUHAT	T Mathématiques MPC	SILBER	T Chimie P.C.B.
BRUNN	T Géologie historique (Orsay)	UEBERSFELD	T Electronique
		YVON	T Théories Physiques

LE SECRETAIRE GENERAL ...
R. POUILLAIN

S O M M A I R E

	pages
I. PREAMBULE	5
a) Caractères topographiques et climatologiques de l'Adriatique	6
b) Matériel et méthodes	9
II. CARACTERISTIQUES de l'EAU NORD-ADRIATIQUE	12
a) Hiver	12
b) Printemps	15
c) Eté	16
d) Automne	17
e) Caractéristiques générales de l'eau nord-adriatique	18
III. CARACTERISTIQUES de l'EAU de l'ADRIATIQUE MOYENNE	18
a) Hiver	18
b) Printemps	28
c) Eté	28
d) Automne	34
e) Caractéristiques générales de l'eau de l'Adriatique moyenne et leurs fluctuations annuelles	35
IV. CARACTERISTIQUES de l'EAU SUD-ADRIATIQUE	43
a) Hiver	43
b) Printemps	47
c) Eté	47
d) Automne	52
e) Caractéristiques générales de l'eau sud-adriatique et leurs fluctuations annuelles	52
V. TYPES d'EAU en ADRIATIQUE et LEUR DISTRIBUTION	63
a) Type d'eau S	63
b) Type d'eau M	63
c) Type d'eau J	64
d) Type d'eau A	64
VI. REGIME des COURANTS et TRANSPORT d'EAU en ADRIATIQUE	67
a) Régime des courants d'été	67
b) Régime des courants d'hiver	70
c) Transport d'eau	71
VII. DYNAMIQUE de la COUCHE INTERMEDIAIRE	73
VIII. CARACTERISTIQUES GENERALES de l'EAU ADRIATIQUE	79
a) Période de salinité plus forte 1) Hiver	79
2) Eté	80
b) Période de salinité plus faible 1) Hiver	80
2) Eté	80
c) Discussion	81
IX. CONCLUSIONS	84
- RESUME	86
- BIBLIOGRAPHIE	88



Digitized by the Internet Archive
in 2026

AVANT-PROPOS

Ce travail a été effectué à l'Institut d'Océanographie et de Pêche de Split et au Laboratoire d'Océanographie Physique du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. J'ai pu terminer mon travail à Paris grâce à une bourse offerte par la Direction Generale des affaires culturelles et techniques du Ministère des Affaires Etrangères de France et une autre accordée ultérieurement par l'UNESCO, organismes auxquels je tiens à manifester ma reconnaissance.

Je tiens à exprimer la gratitude que je dois au regretté Professeur J. Goldberg, Membre de l'Academie Yougoslave à Zagreb, ainsi qu' au Dr. M. Buljan, Directeur de l'Institut d'Océanographie et de Pêche de Split, pour les conseils précieux qu' ils ont bien voulu me prodiguer au cours de la préparation de cette thèse.

Je resterai toujours profondement reconnaissante à MM. les Professeurs H. Lacombe et P. Tchernia, Directeur et Sous-Directeur du Laboratoire d'Océanographie Physique du Muséum, qui m' ont accueillie à Paris et m' ont apporté en toutes circonstances une aide dont je mesure tout le prix.

Je remercie aussi à M. L. Glangeaud, Professeur à la Faculté des Sciences, qui m' a fait l' honneur d' accepter le présidence du jury de cette thèse.

LES MASSES D'EAU DE LA MER ADRIATIQUE

Mira Zore-Armanda

Institut d'Océanographie et de Pêche — Split

et

Laboratoire d'Océanographie Physique du Muséum National d'Histoire Naturelle - Paris

I. PREAMBULE

Les données hydrologiques de plus en plus nombreuses, recueillies dans toutes les parties de l'Adriatique ont permis d'entreprendre des recherches plus détaillées sur les caractéristiques et les mouvements des eaux de cette mer. Nous avons dans ce travail essayé de définir les types d'eau, ainsi que les changements intervenant dans leur distribution. On a, de plus, tâché de délimiter le lieu d'origine de chacun de ces types d'eau, ainsi que les conditions dans lesquelles ils se forment. L'étude de la distribution de chaque type d'eau, suivant les saisons et les années, a pu éclairer certains problèmes en relation avec le régime des courants, le transport et le brassage des eaux, dans chaque région.

Jusqu'à présent les types d'eau de l'Adriatique n'avaient pas été définis. Les caractéristiques de l'eau adriatique avaient pourtant été étudiées dès 1874, quand Wolf et Luksch ont effectué les premières observations de température et de salinité. De Marchi (1911) a entrepris des recherches sur les modifications saisonnières de l'eau le long de la côte italienne.

Des investigations sur une plus vaste échelle ont été organisées par la Commission Permanente austro-italienne pour l'exploration de l'Adriatique (1911 à 1914), à bord des navires »CICLOPE« et »NAJADE«. En même temps le bateau croate »VILA VELEBITA« exécutait des croisières de recherches dans le Golfe du Kvarner.

Ee se basant sur les cartes des isothermes et des isohalines Feruglio et de Marchi (1920) avaient abouti à certaines conclusions sur le régime des courants. Ils avaient observé des changements périodiques qu'ils ont attribués à l'influence directe de modifications dans le régime des vents. Leur opinion a été adoptée et reprise ultérieurement par Pollak (1951).

Ercegović (1934) s'est livré à des recherches sur les variations annuelles des facteurs hydrologiques sur 4 stations de la côte, en Adriatique moyenne.

Buljan (1953, 1957) a établi l'existence de fluctuations de température et de salinité à longues périodes de plusieurs années. Il a aussi révélé l'existence de périodes de circulation lente ou rapide dans le détroit d'Otrante: la période de plus forte salinité en Adriatique coïncidant avec un afflux plus important d'eau méditerranéenne. Il a, de plus, observé une simultanéité entre un relèvement de la salinité se prolongeant sur plusieurs années et une hausse de la température hivernale au large de l'Adriatique.

L'étude des courants de densité (Zore, 1956) a confirmé l'existence de fluctuations à longue période — de plusieurs années — de vitesse des courants, mais cet auteur a trouvé aussi des changements saisonniers dans le régime de la circulation, liés aux variations saisonnières des facteurs hydrologiques. Les conditions hydrologiques sont caractérisées par de fortes variations annuelles de température et de salinité en Adriatique septentrionale.

a) *Caractères topographiques et climatologiques de l'Adriatique*

Les caractères topographiques et océanographiques de l'Adriatique montrent qu'il convient de diviser cette mer en trois parties: septentrionale, moyenne et méridionale. D'après Buljan (1953), la ligne Ancône-Ile de Pag sépare la partie septentrionale de la partie moyenne; la ligne presque île de Gargano — île de Korčula, la partie moyenne de la partie méridionale (Fig. 1). L'Adriatique septentrionale est un bassin de faible profondeur ne dépassant jamais 75 mètres. Le fond s'abaisse doucement de l'Adriatique moyenne vers la fosse de Jabuka, dont la profondeur maxima est de 280 mètres. L'Adriatique moyenne est séparée de l'Adriatique méridionale par le seuil de Palagruž (d'après l'île du même nom). Ce seuil s'étend de l'archipel dalmate (Dalmatie moyenne) jusqu'à la presque île de Gargano; la profondeur maxima est de 130 mètres. En Adriatique méridionale, le fond s'abaisse par une pente abrupte dans la fosse sud-Adriatique, profondeur maxima 1270 m., d'après les dernières mesures effectuées lors de l'A. G. I. Cette partie de l'Adriatique est séparée de la Méditerranée par le seuil d'Otrante (profondeur maxima 740 m.) d'où le fond dévale brusquement en mer Ionienne.

L'Adriatique, qui fait partie de la Méditerranée, appartient aussi, du point de vue climatique, à cette région dans laquelle des types de temps opposés peuvent se succéder brusquement. L'été, elle est soumise à l'influence de l'anticyclone des Açores qui y fait régner un temps clair et sec. L'hiver, elle est englobée dans la région des vents dominants d'ouest, caractérisée par le passage fréquent de dépressions. La dépression dont le centre se trouve dans le Golfe de Gênes et qui se déplace le long de l'axe de l'Adriatique caractérise cette période (route Vd, selon Bebbler, 1891 et Chromow, 1942).

Les Alpes Dinariques contribuent aussi à donner au climat de cette région sa physionomie caractéristique. Cette chaîne de montagne, qui s'étend presque tout le long du rivage oriental de l'Adriatique, donne naissance, dans certaines conditions bien déterminées de circulation des masses atmosphériques, au vent connu sous le nom de »bora«, vent accompagné d'un temps sec et froid. Des masses d'air très différentes circulent dans la région adriatique. Les perturbations cyclonales d'hiver appartiennent à deux types génétiques principaux:

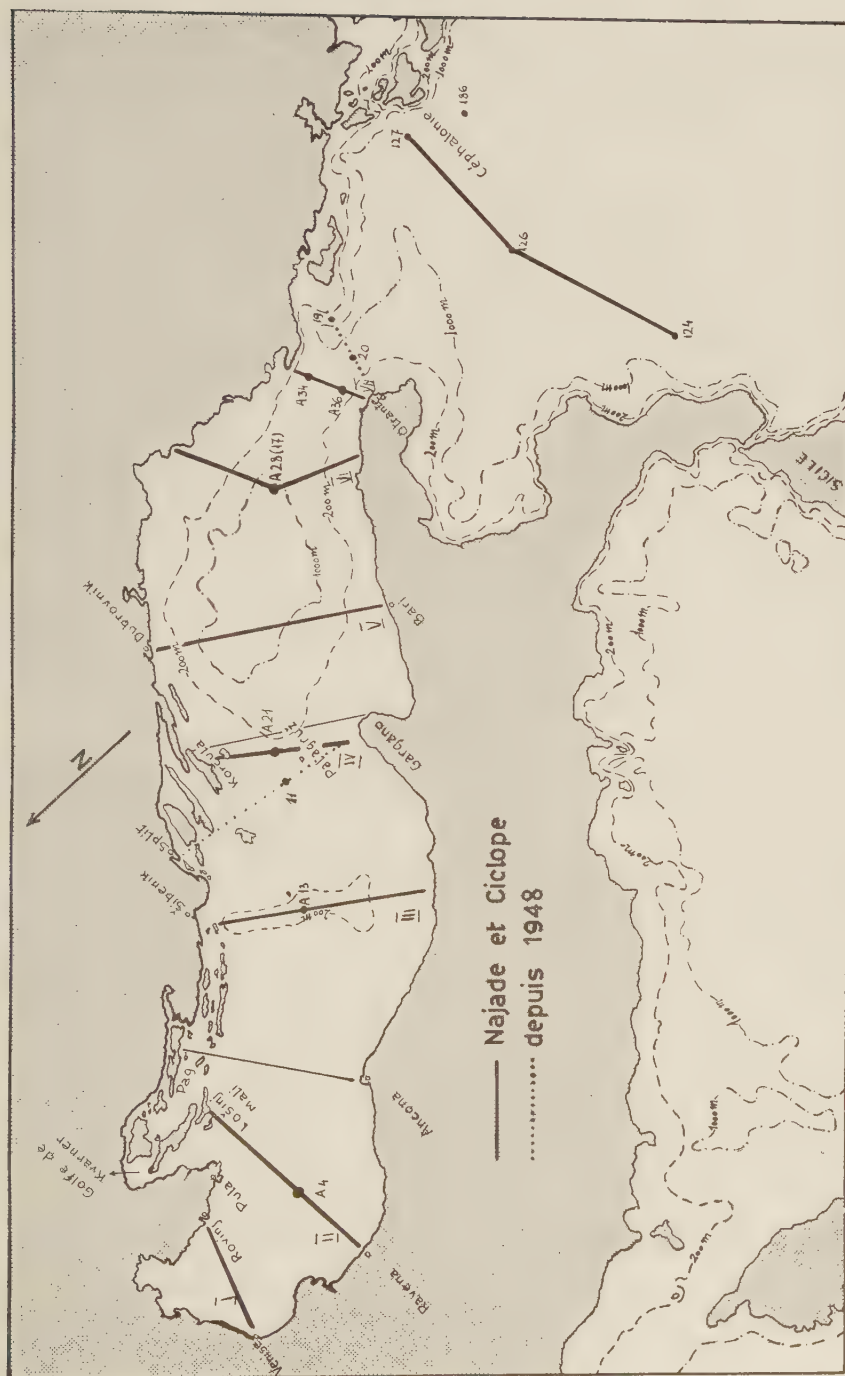


Fig. 1 Coupes pour lesquelles ont été tracés les diagrammes T-S et stations pour chacune desquelles la courbe T-S a été construite.

1. celles englobant des masses d'air polaire-maritime arrivant à travers l'Europe occidentale,
2. celles englobant des masses d'air polaire-continental (souvent modifié) venant d'Europe centrale et orientale.

Celles se formant au-dessus de l'Adriatique sont rares.

Les masses d'air, dans leur cheminement vers l'Adriatique peuvent subir des changements notables en cours de déplacement. C'est ainsi, par exemple, que l'air tropical-continental, d'origine saharienne, se trouve presque toujours dans le secteur chaud des dépressions situées au-dessus de l'Adriatique, mais, pour y parvenir, cet air chaud et sec, à l'origine, en passant par la Méditerranée, s'est chargé au-dessus des eaux relativement chaudes de cette mer d'une grande quantité d'humidité. Aussi son apparition au-dessus de l'Adriatique coïncide-t-elle avec des temps très humides. L'air polaire-continental vient de l'Europe centrale ou du sud de la Russie; c'est très souvent de l'air polaire-maritime de l'Adriatique modifié par un long déplacement au-dessus du continent. Pour l'Adriatique, l'apparition de cet air est significatif du temps de »bora«, vent conditionnant un type de temps très caractéristique. La pénétration d'air polaire-continental dans le Golfe de Gênes et en Adriatique septentrionale présente des traits communs.

Périodiquement, au-dessus de l'Adriatique apparaissent encore les masses d'air mTa, mTm et mPm (la lettre a signifie Atlantique et la lettre m Méditerranée). Le rapport du nombre des fronts et du nombre des dépressions nous montre que l'Adriatique occupe une position centrale par rapport aux caractéristiques plus maritimes ou cycloniques, à la différence de la Méditerranée qui appartient à une région cyclo-génétique.

Le régime des vents en Adriatique présente des différences essentielles entre l'hiver et l'été. L'hiver est caractérisé par le passage de dépressions: dans le secteur chaud de celles-ci soufflent des vents du Sud, chargés d'humidité, appelés »jugo cyclonique«. Un vent de même direction règne aussi quand, au-dessus des Balkans se développe un anticyclone et au-dessus de la Méditerranée occidentale une dépression. Ce deuxième vent appelé »jugo anticyclonique« est sec.

A l'arrière des dépressions passant au-dessus de l'Adriatique souffle un vent appelé »bora cyclonale«. La »bora« a aussi une cause purement régionale: les hautes montagnes s'élevant directement le long du rivage et derrière lesquelles s'accumule en hiver un air beaucoup plus froid que celui de la côte. Une fois en mouvement, ces masses d'air descendent à une grande vitesse à cause des forts gradients de température. Bien que s'échauffant en plongeant vers la mer, elles n'atteignent pas la température de l'air environnant et sont caractéristiques de la »bora« vent sec et froid. La »bora« se lève aussi quand, au-dessus de l'Europe, s'est développé un anticyclone, et au-dessus de la Méditerranée, de basses pressions: c'est la »bora« anticyclonale.

La direction de la »bora« varie le long de la côte, mais ce vent reste toujours un vent du quadrant nord, soufflant par rafales qui peuvent atteindre de grandes vitesses. La vitesse maxima est enregistrée à Trieste, 115 km/heure, mais dans les rafales on peut observer des vitesses encore plus considérables.

L'Adriatique est caractérisée, en été, par un vent étésien à direction dominante NW. Au voisinage de la côte se développe aussi un vent local, qui souffle pendant la journée de la mer vers le continent. Il est généralement renforcé par le vent étésien: c'est le «maestral» qui règne pendant 80 à 90% des jours, en saison d'été, de Mai à Septembre environ.

Au-dessus de l'Adriatique, il n'a pas été effectué d'observations sur l'évaporation. On s'est borné à analyser les données de température par la méthode *Thorntwaite* afin d'obtenir des images du bilan entre les précipitations et l'évaporation pour les stations météorologiques côtières. Toutes accusent un manque d'eau, tout au moins pendant deux mois d'été. Les chiffres indiquent que la rareté des précipitations s'accroît en allant vers l'Adriatique méridionale. Presque toutes les stations le long de la côte, trouvent un excédent de précipitations en hiver. L'évaporation calculée par mois pour l'île de Palagruž est la plus forte en Mai (78 mm) et la plus faible en Juillet (7 mm).

b) *Matériel et méthodes.*

Afin de définir les caractéristiques de tous les types d'eau on s'est servi de presque toutes les données rassemblées à ce jour, sur la température et la salinité, obtenues par des méthodes modernes. Les données recueillies avant les expéditions «NAJADE» (1911—1914) et «CICLOPE» n'ont pas été retenues, les températures n'ayant pas été mesurées au moyen de thermomètres à renversement. On a donné la priorité au matériel exact et très abondant de l'expédition autrichienne «NAJADE» (1911—1914) puis on a utilisé celui de l'expédition italienne «CICLOPE». Il convient de signaler que les mesures du «NAJADE», d'après les procédés employés et les profondeurs auxquelles elles ont été effectuées sont plus précises que celles du «CICLOPE». Le «NAJADE» a fait des recherches sur 4 coupes transversales et a effectué des sondages à 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200 m. et au fond. Les très petits intervalles de profondeur facilitant l'établissement des moyennes sans interpolation de valeurs; aussi la priorité a-t-elle été donnée à ces données pour le calcul des moyennes dans chaque région de l'Adriatique. Le «CICLOPE» a aussi exécuté 4 coupes transversales. Nous avons en outre utilisé les données recueillies par les bateaux de l'Institut d'Océanographie et de Pêche de Split sur les coupes Split — Gargano et Ortona — Rogoznica entre 1948 et 1957 (Buljan et Marinković, 1956 et Buljan et Zore-Armanda, non publié). Ces mesures ont été presque toujours prises aux immersions standard internationales. On a de plus retenu les données de l'expédition A. G. I. (IZVJEŠTAJ sa prvog, drugog... 1957, 1958 et 1959), au cours desquelles des sondages ont été effectués sur 5 coupes transversales, en Adriatique moyenne et méridionale, aux profondeurs standard internationales. Les données fournies par la coupe Split — Gargano sont les plus nombreuses.

Le matériel des expéditions «NAJADE» et «CICLOPE» a été rassemblé au cours des quatre saisons de l'année et autant que possible aux mêmes mois. Pour plus de concision, les époques où ont été recueillies les données ne sont indiquées dans le texte que par le nom de la saison. Février—Mars désignent l'hiver, Mai—Juin le printemps, Août—Septembre l'été et Novembre—Décem-

bre l'automne. Le tableau I nous donne une récapitulation des données à notre disposition, par coupe, avec indication de la saison, de l'année et de l'origine. H. désigne l'hiver, P. le printemps, E. l'été et A. l'automne, dans le sens qui leur est donné ci-dessus.

Les coupes exécutées par l'expédition »NAJADE« ne sont pas tout à fait identiques à celles des expéditions ultérieures, mais sans présenter cependant de notables divergences. Elles sont indiquées sur la figure 1, ainsi que les stations, caractéristiques pour chacune d'elles et qui ont été faites en détail.

Dans ce travail sont analysées les données fournies par 7 coupes transversales, depuis l'Adriatique septentrionale jusqu'à l'Adriatique méridionale, soit 10.000 observations relatives à la température et autant à la salinité, qui ont été utilisées. On a étudié aussi une partie des données de la »NAJADE« sur la teneur en oxygène.

Tableau 1

Ière Coupe

Venise — Rovinj	H. 1911	P. 1911	E. 1911	E. 1912	A. 1912
	H. 1913	P. 1913	E. 1913	A. 1913	H. 1914
	(»CICLOPE«)				

IIème Coupe

Lošinj Mali — Ravenna	H. 1911	P. 1911	E. 1911	A. 1911	H. 1912
	P. 1912	E. 1912	H. 1913	P. 1913	E. 1913
	A. 1913	H. 1914	(»NAJADE«)		

IIIème Coupe

Coupe de Jabuka	H. 1911	P. 1911	E. 1911	A. 1911	H. 1912
	P. 1912	E. 1912	H. 1913	P. 1913	E. 1913
	A. 1913	H. 1914	(»NAJADE«)		E. 1954
	H. 1955	P. 1955	P. 1956	E. 1956	A. 1956
	H. 1957	(Buljan et Zore-Armanda)			
	P. 1957	E. 1957	A. 1957	H. 1958	P. 1958
	(A. G. I.)				

IVème Coupe

Split — Gargano	H. 1911	P. 1911	E. 1911	A. 1911	H. 1912
	P. 1912	E. 1912	H. 1913	P. 1913	E. 1913
	A. 1913	H. 1914	(»NAJADE«)		H. 1948
	P. 1948	E. 1948	H. 1949	P. 1949	E. 1949
	A. 1949	H. 1950	P. 1950	(Buljan et Marinković)	
	P. 1953	E. 1953	A. 1953	H. 1954	E. 1954
	H. 1955	P. 1955	P. 1956	E. 1956	A. 1956
	H. 1957	(Buljan et Zore-Armanda)			
	P. 1957	E. 1957	A. 1957	H. 1958	P. 1958
	(A. G. I.)				

Vème Coupe

Dubrovnik — Bari

P. 1911	E. 1911	E. 1912	A. 1912	H. 1913
P. 1913	E. 1913	A. 1913	H. 1914	
»CICLOPE«				

VIème Coupe

H. 1911	P. 1911	E. 1911	A. 1911	H. 1912
P. 1912	E. 1912	H. 1913	P. 1913	E. 1913
A. 1913	H. 1914	»NAJADE«		P. 1957
E. 1957	A. 1957	H. 1958	P. 1958	(A. G. I.)

VIIème Coupe

P. 1911	E. 1911	»CICLOPE«		A. 1911
H. 1912	P. 1912	»NAJADE«		E. 1912
»CICLOPE« et »NAJADE«			A. 1912	P. 1913
E. 1913	H. 1914	»CICLOPE«		P. 1957
E. 1957	A. 1957	H. 1958	P. 1958	(A. G. I.)

A des fins de comparaison avec les caractéristiques de l'eau méditerranéenne, on s'est servi des données provenant de 3 stations de la coupe Sicile — Céphalonie, expéditions »THOR« (1908—1910), »DANA« (1928—1930) et »CALYPSO« (Lacombe et Tchernia 1959), ainsi que des renseignements fournis par les stations météorologiques de Pula et Šibenik pour 1910—1914 (Jahrbuch... 1912—1915) et 1948—1958 (non publié).

Etant donné qu'on s'est servi de renseignements recueillis à des époques diverses, par des observateurs différents, on peut supposer qu'ils ne sont pas tous comparables. Mais dans toutes les expéditions, le dosage de la salinité a été effectué par la même méthode de titrage de Mohr-Knudsen. Pour la température, ce n'est qu'à l'occasion de l'expédition de l'A. G. I. qu'on a procédé à la correction des températures et à la détermination précise des profondeurs auxquelles elles avaient été mesurées, au moyen de thermomètres non protégés. Pour les campagnes antérieures (1911—1956) les corrections de la température en Adriatique sont, selon nos estimations, de 0,3°C au maximum et celles de la profondeur ne dépassent qu'exceptionnellement 10‰; pour la plupart des données provenant de profondeurs inférieures à 200 m., aucune correction n'était nécessaire.

Pour le calcul des moyennes on a eu besoin de mesures prises à des profondeurs déterminées. Elles ont été interpolées à l'aide des courbes de température et de salinité, ainsi que des diagrammes T-S.

Les caractéristiques des types d'eau ont été définies au moyen des diagrammes T-S en adoptant cette supposition fondamentale que le type d'eau est défini par un point sur le diagramme — le terme point étant pris dans son sens le plus large — c'est-à-dire pouvant couvrir un écart de 1 ou de 2°C, ou de 0,1 à 0,2‰ de salinité, ces différences étant dues à la plus ou moins grande homogénéité de l'eau de la région en cause. L'eau constituée par un mélange de deux eaux est représentée sur le diagramme par une ligne droite, et celle formée de 3 types d'eaux fondamentales par une courbe inscrite dans un

triangle, compte non tenu des changements provoqués en surface par les facteurs externes.

Dans ce travail, ne seront pas traités séparément les facteurs qui, outre les courants et le brassage, ont une action sur les variations de la température et de la salinité superficielles. Les comparaisons faites entre les températures de l'atmosphère et de la mer et entre la salinité et les précipitations peuvent être comprises tout d'abord comme des indices de l'effet complexe des facteurs externes sur les caractéristiques en question. C'est pourquoi on étudiera d'une part les courants et le mélange et d'autre part les facteurs externes, considérant leur action dans son ensemble.

Dans certains cas, le coefficient de mélange a été calculé par la méthode de Stockman (1946) qui n'est autre que la méthode de Jacobsen (1927) obtenue en supposant que le coefficient de mélange turbulent est le même pour la température et la salinité. Stockman a introduit la notion de triangle de mélange, au moyen duquel il est possible de déterminer approximativement la distribution des divers types d'eau. De plus, sa construction géométrique diffère un peu de celle de Jacobsen, mais la formule finale est la même.

A l'époque de l'échauffement une thermocline s'établit. La couche stable de la thermocline stoppe le mélange des eaux de part et d'autre; l'écart de température rencontré est d'autant plus grand que la thermocline est plus développée. Buljan (1957) s'est servi de la valeur de cet écart pour caractériser l'état des facteurs hydrologiques. Le même auteur mentionne qu'il est important aussi d'envisager la couche de fort gradient de salinité, qu'il nomme halocline, comme l'une des causes du fort gradient de densité. Il introduit également le terme pycnocline pour désigner un fort gradient de densité, que celui-ci soit imputable à une variation de la salinité ou de la température. Ces termes sont donc employés dans ce sens, au cours de ce travail.

II. CARACTERISTIQUES DE L'EAU NORD-ADRIATIQUE

Pour définir les caractéristiques de l'eau de cette région on s'est servi des données provenant des coupes I et II (fig. 1); la profondeur dans ces deux coupes ne dépassant pas 65 m., l'influence des facteurs externes sur la formation des caractéristiques de ces eaux est très forte. Au cours d'une année, l'eau acquiert des caractéristiques diverses de la surface jusqu'au fond (fig. 2).

a) Hiver.

La température et la salinité hivernales sont soumises à de très faibles variations verticales, et les courbes T-S se réduisent pratiquement à un point. On observe par contre des variations horizontales des caractéristiques (fig. 4). De plus les caractéristiques de l'eau changent d'un hiver à l'autre comme l'indique le diagramme T-S, de la coupe II pour les hivers de 1911 à 1914 (fig. 3).

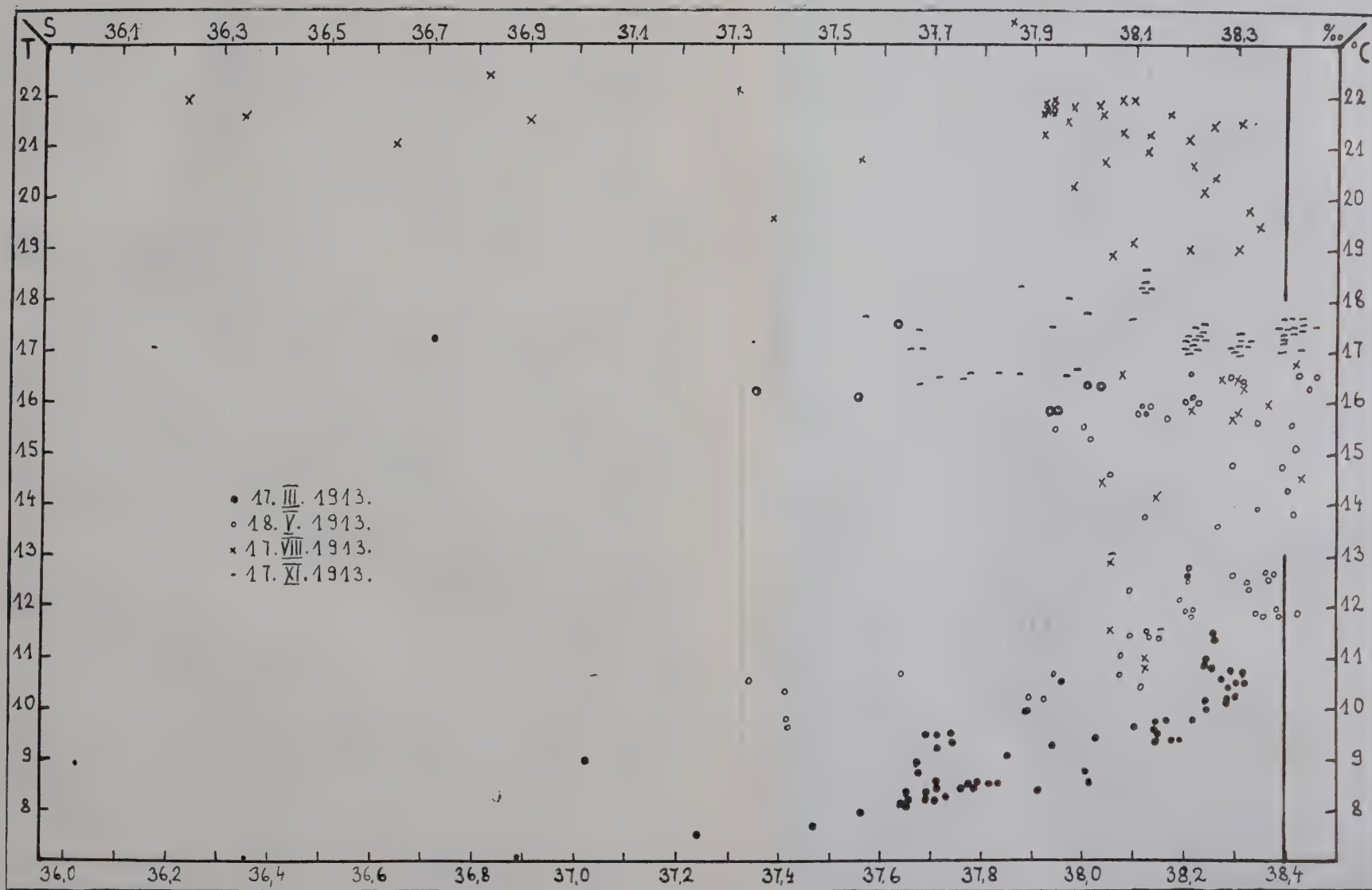


Fig. 2 Diagramme T-S de la coupe II, pour toutes les saisons de l'année 1913.

Afin d'établir jusqu'à quel point les variations de la température de la mer — observées pendant plusieurs années — peuvent être mises en relation avec les variations analogues de la température de l'atmosphère, on a noté sur le tableau 2 les températures moyennes hivernales de l'air, pour Pula (moyennes de Décembre, Janvier, Février et Mars), ainsi que les températures hivernales moyennes de l'eau de mer, établies aux 10 stations de la coupe II. Ces moyennes ont été calculées d'après des données provenant de 0, 10, 20, 30, 40, 50 m. et au fond, s'il était à plus de 55 m.

Tableau 2

	1911	1912	1913	1914
Température moyenne de l'air °C	6,6	8,3	6,5	6,5
Température moyenne de la mer °C	9,3	11,3	9,1	10,3

D'après ce tableau on peut confirmer l'existence d'un rapport entre la température de l'air et celle de la mer: en hiver, à une haute température moyenne de l'air correspond une haute température moyenne de la mer. En 1911, 1913 et 1914, la température moyenne de l'air était presque identique. En 1911 et 1913 la température moyenne de la mer était restée la même, alors qu'en 1914, elle avait augmenté d'un degré C. Cet écart traduisait donc, cette année-là, l'influence renforcée des apports thermiques par les courants.

On sait en effet, que la température de l'eau de mer varie sous l'action des facteurs externes et des courants. Les facteurs externes agissent sur la température de l'air et sur celle de la mer, tandis que les courants ne peuvent modifier que la température de l'eau.

Nous n'avons pas pris ici en considération l'échauffement de l'atmosphère par échanges thermiques avec la surface marine. Pourtant tous les auteurs s'accordent (Sverdrup par exemple, 1942) pour conclure que l'énergie thermique que la mer communique ainsi à l'atmosphère ne représente que 10%, tout au plus, des autres formes d'échanges thermiques entre la mer et l'air. Nous pouvons donc admettre que l'écart observé dans les variations de la température de la mer par rapport à celle de l'air durant cette période indique une influence accrue des courants sur la température de la mer.

Pour montrer l'influence des précipitations atmosphériques sur la salinité, le tableau 3 nous donne les valeurs moyennes des salinités hivernales pour la coupe II (calculées selon le même procédé que les températures moyennes de la mer), ainsi que les quantités de précipitations au cours des mois d'hiver (Décembre, Janvier, Février) pour Pula.

Tableau 3

	1911	1912	1913	1914
Salinité moyenne gr. ‰	37,4	37,0	37,8	38,2
Précipitations mm.	168	207	208	143

La plus faible salinité coïncide en effet avec la plus grande quantité de précipitations (1912), mais sans qu'on puisse cependant, dans l'ensemble, discerner une franche relation. Il nous faudrait pour cela connaître l'influence de l'apport des fleuves de l'Italie septentrionale. Dans l'impossibilité d'obtenir les renseignements nécessaires on peut supposer avec certitude que les salinités en Adriatique nord, sont soumises à l'action directe du déversement d'eaux douces dans cette région. Nous avons cependant remarqué que, durant l'hiver 1914, la température de la mer et la salinité ont été moins influencées par les facteurs externes que pendant les autres années étudiées.

En Adriatique nord on observe des oscillations relativement très fortes des températures et des salinités annuelles et saisonnières. Nos 4 années d'observations nous ont permis d'établir à 8,26‰ le minimum absolu de salinité et à 38,78‰ le maximum pour un minimum de température de 5,0°C et un maximum de 26,5°C. Pour cette raison chacun des hivers observés n'a pu non plus être caractérisé par des valeurs déterminées de la température et de la salinité.

Sur le diagramme T-S de la fig. 3 sont également tracées les courbes $\sigma_t = C^\circ$; la courbe $\sigma_t = 29,3$ départage presque complètement l'eau de 1911 et 1912 de celle de 1913 et 1914. D'une façon générale, l'eau de ces deux dernières années est plus dense. Alors qu'en 1913 la cause de cette densité plus forte a été la basse température de l'eau, cette augmentation était due, en 1914, à un relèvement de la salinité.

On remarque que le type d'eau d'hiver de densité supérieure à $\sigma_t = 29,3$ (1913 et 1914) présente aussi une corrélation positive linéaire bien déterminée entre la température et la salinité. D'après le point de vue de Helland-Hansen, l'existence d'une telle corrélation bien déterminée entre la température et la salinité indique l'influence renforcée des eaux du large. Nous pouvons donc constater en 1913 et 1914 un renforcement de l'effet d'apport d'eau de l'Adriatique moyenne et une influence plus faible des facteurs externes sur les caractéristiques de l'eau. Le type d'eau de densité inférieure à $\sigma_t = 29,3$ (1911 et 1912) ne présente par une telle corrélation entre la température et la salinité ce qui indique ces années-là une diminution de l'effet de l'apport d'eau de l'Adriatique moyenne.

Dans le tableau 4 sont reportées les températures moyennes de la mer, les salinités et les σ_t moyennes (calculées d'après les températures et les salinités moyennes) pour les mois d'hiver, sur la coupe II.

Tableau 4

	1911	1912	1913	1914
Température moyenne °C	9,3	11,3	9,1	10,3
Salinité moyenne ‰	37,4	37,0	37,8	38,2
σ_t moyenne	28,96	28,29	29,31	29,41

Il ressort de ce tableau que la densité départageant le type d'eau d'hiver 1911 et 1912 d'un autre (1913—1914) est aussi $\sigma_t = 29,3$.

Le tableau met en évidence des variations de sens opposés de T et S de 1911 à 1912 et de 1912 à 1913, mais par contre une variation de même sens (relèvement parallèle) de 1913 à 1914. Ceci indique donc également que la température et la salinité au cours de ces deux derniers hivers ont été influencées par l'apport d'eau de l'Adriatique moyenne, si nous admettons aussi que des fluctuations simultanées de la température et de la salinité d'une année à l'autre indiquent l'effet intensifié des apports d'eau du large.

D'après tout ce qui vient d'être dit, on peut conclure que, durant les hivers 1911 et 1912 l'apport d'eau de l'Adriatique moyenne en Adriatique septentrionale a été inférieur à celui des hivers 1913 et 1914 et, ce qui s'accorde avec cette observation ancienne en 1913 et 1914 on a noté une influence plus faible des facteurs externes sur les caractéristiques de l'eau de mer.

En ce qui concerne la distribution horizontale des caractéristiques de l'eau (fig. 4), on remarque, sur le côté ouest de la coupe II, une masse d'eau de salinité et de température plus basses, par suite probablement, de l'apport d'eau douce par les fleuves du nord de l'Italie.

En allant de la coupe méridionale (II) vers la coupe septentrionale (I) dans la région de faible profondeur, on observe une intensification de l'action des facteurs externes se manifestant par un refroidissement plus sensible et le renforcement de l'effet du déversement d'eau douce. Le tableau 5 nous donne les températures et les salinités moyennes des coupes I et II pour les hivers 1913 et 1914. Dans l'ensemble, les salinités et les températures de la coupe I sont plus basses que celles de la coupe II.

Tableau 5 (Hiver)

		1913	1914
Température °C	Coupe I	7,1	8,6
	Coupe II	9,1	10,3
Salinité gr. ‰	Coupe I	37,4	37,6
	Coupe II	37,8	38,2

b) Printemps.

Au printemps, l'échauffement de l'eau de mer commence en surface et se propage jusqu'au fond (fig. 2). La stratification verticale des caractéristiques révèle la présence d'une eau plus chaude et moins salée dans la nappe superficielle. Dans les conditions d'un brassage vertical affaibli — par rapport à l'hiver — l'afflux d'eau douce et de précipitation se fait surtout sentir dans la couche superficielle qui, cela va de soi, s'échauffe davantage.

Les températures moyennes de l'eau de mer pour la coupe II (calculées comme pour la saison d'hiver) établies pour une période de trois années d'observations sont reportées sur le tableau 6.

Tableau 6

	1911	1912	1913
Température moyenne °C	13,6	14,0	13,9

La température moyenne de ces trois années successives est de l'ordre de $13,8^{\circ}\text{C}$. Comparée à la température hivernale moyenne de $9,9^{\circ}\text{C}$ pour cette suite de trois années, elle présente une hausse moyenne de 4°C entre l'hiver et le printemps.

c) *Été.*

L'été, on observe généralement de fortes variations horizontales et verticales de la température et de la salinité, ainsi qu'une thermocline plus ou moins caractérisée.

Les caractéristiques des étés 1911 et 1912 différaient, dans l'essentiel, de celles de 1913 (fig. 5). Pendant ces deux premières années on a noté une salinité généralement faible et une variation verticale plus grande de la température de l'eau; en 1913, la salinité a été généralement plus élevée et la variation de température était plus faible.

Dans le tableau 7 sont reportées les températures et les salinités moyennes (calculées comme pour l'hiver), les températures moyennes de l'air en période d'été, pour Pula (Juin, Juillet, Août et Septembre). les écarts maximums de la température de la mer pour la coupe en question, ainsi que les quantités des précipitations pour les mois d'été, à Pula, et les valeurs moyennes de σ_t (calculées à partir des températures et des salinités moyennes).

Toutes les données concernent la coupe II en saison d'été.

Tableau 7

	1911	1912	1913
Température moyenne de l'air $^{\circ}\text{C}$	21,6	19,6	19,6
Température moyenne de la mer $^{\circ}\text{C}$	18,6	18,5	19,7
Ecart maximum thermique vertical $^{\circ}\text{C}$	13,5	9,9	8,0
Précipitations (Pula) en mm.	82	59	80
Salinité moyenne gr. ‰	37,0	36,6	37,8
σ_t moyenne	26,67	26,39	26,99

En saison d'été aucun lien n'apparaît entre les températures moyennes de l'air et celles de la mer. En 1913 cependant, parallèlement à la plus haute température moyenne de la mer, nous observons la plus faible variation verticale de la température de l'eau de mer. En 1911, par contre, la plus haute température moyenne de l'air coïncide avec le plus grand écart maximum de la température de la mer. La thermocline très bien développée en 1911 est à l'origine de cette large gamme de variation de la température de la mer. On ne peut établir aucune relation entre la valeur moyenne de la salinité et la quantité des précipitations, les données les concernant trouvées à Pula n'étant pas évidemment représentatives du déversement d'eau douce en Adriatique nord.

Le tracé de la ligne $\sigma_t = 26,5$ (fig. 5) sépare presque complètement les eaux superficielles (jusqu'à 20 m. d'immersion environ) en 1911 et 1912, de l'eau de 1913. Cette année-là nous n'avons pas trouvé d'eau de σ_t inférieur à 26,5 mais, dans une couche intermédiaire on rencontre les plus hautes valeurs de la

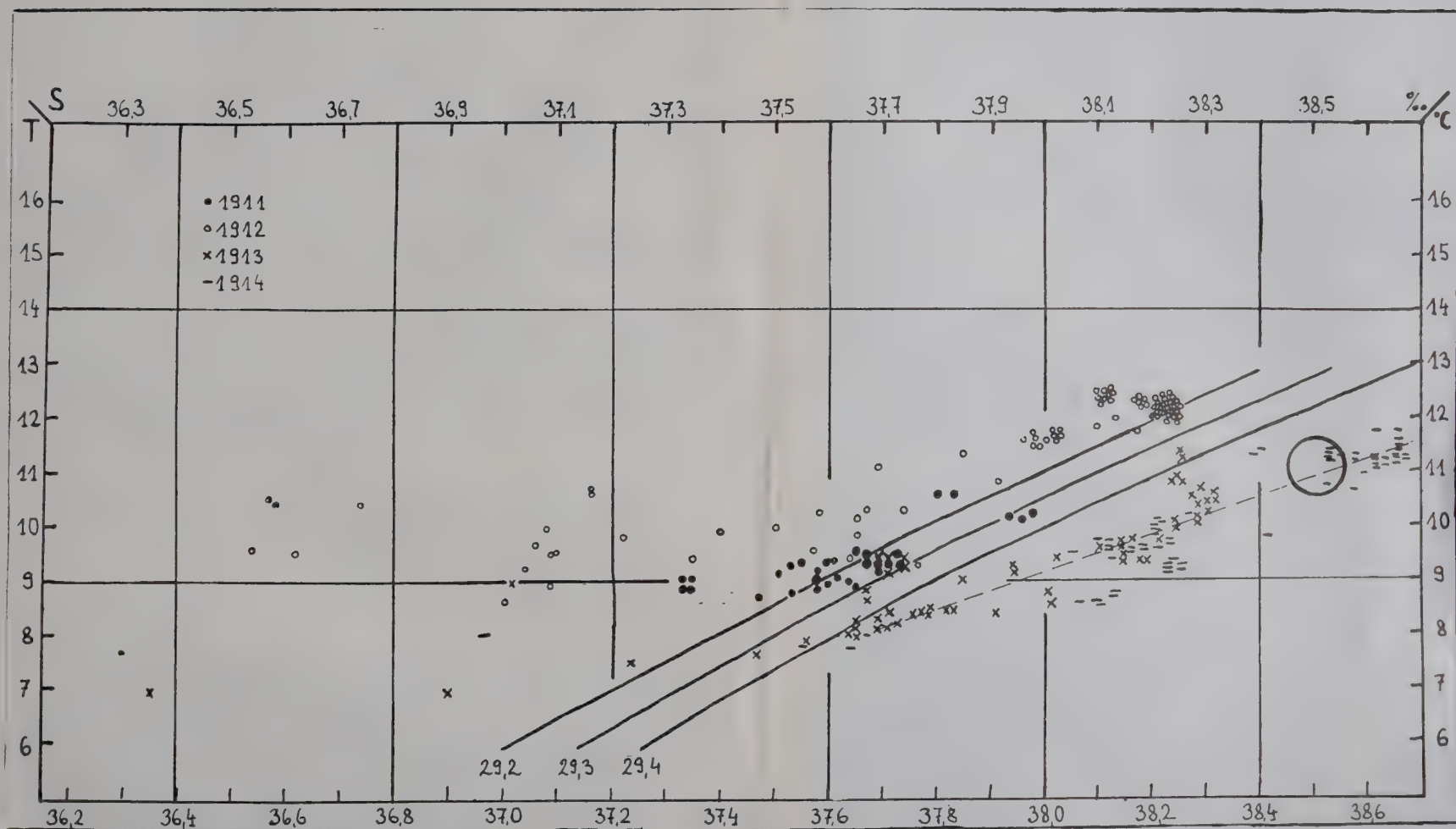


Fig. 3 Diagramme T-S de la seconde coupe, pour les hivers de 1911 à 1914 (mois de Février et Mars). Le type d'eau S est désigné par un cercle. Les lignes $\sigma_t = \text{Const.}$ sont tracées séparément. La ligne $\sigma_t = 29,3$ sépare l'eau des années 1911 et 1912 de l'eau de 1913 et de 1914.

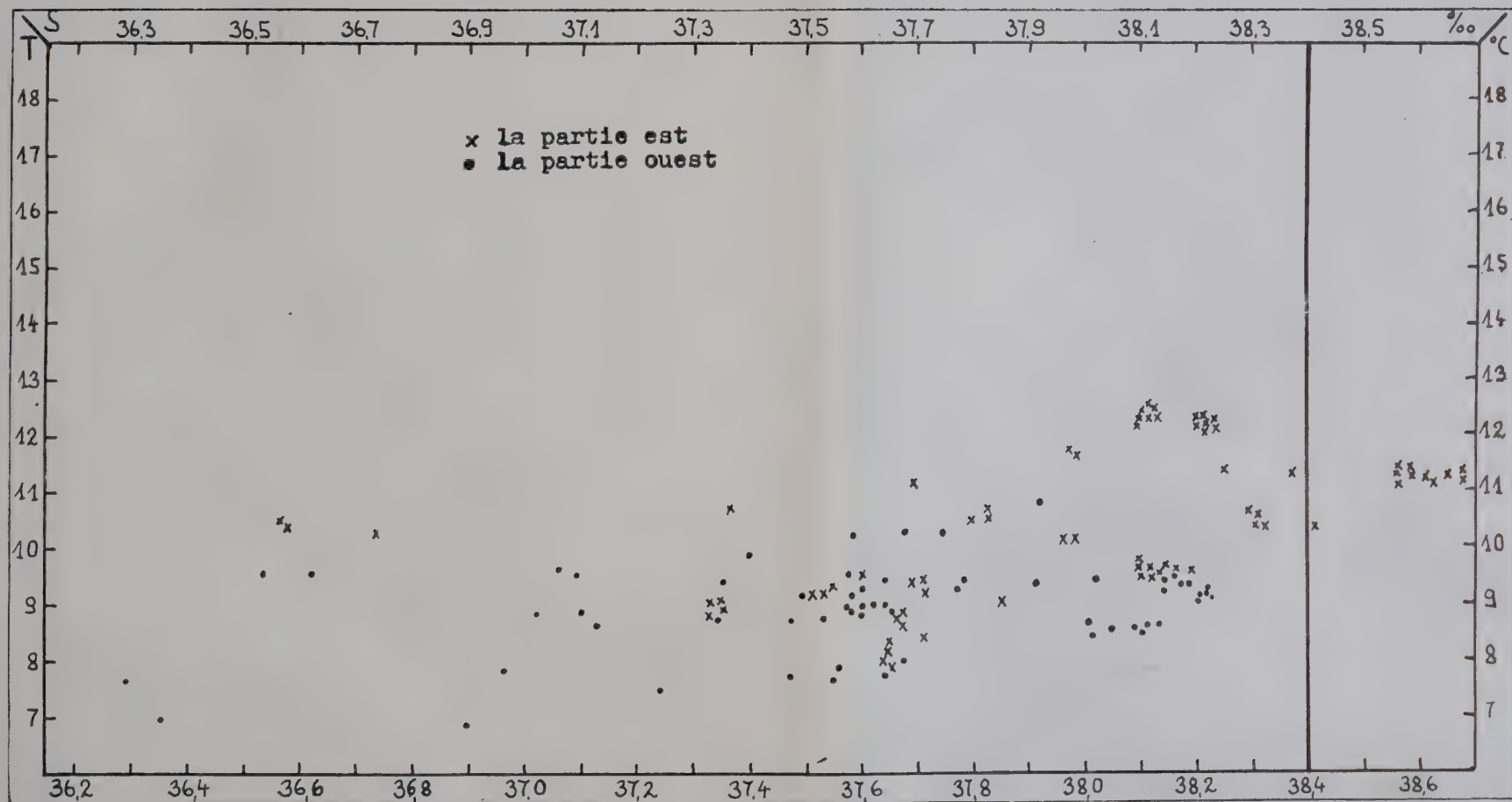


Fig. 4 Diagramme T-S pour 3 stations de la partie orientale de la coupe II, et pour 3 stations de la partie occidentale de la même coupe, pour les hivers (Février-Mars) de 1911 à 1914. D'une façon générale, nous observons, dans la partie occidentale de la coupe, la présence d'une eau de température et de salinité plus basses, sous l'influence des fleuves du nord de l'Italie.

salinité et de la température moyennes. Nous supposons que ces particularités sont imputables aux conditions de l'année 1913 dont les effets se sont fait sentir dans la zone intermédiaire par l'apparition d'un troisième type d'eau. On peut comprendre qu'une arrivée d'eau plus considérable ait eu aussi une influence sur le brassage vertical, donc sur la diminution de l'écart thermique (tableau 7). Les années où l'arrivée d'eau salée, dans la couche intermédiaire est plus faible (1911 et 1912), l'effet renforcé des facteurs externes sur les caractéristiques de l'eau se manifeste par une pycnocline plus développée et une variation verticale plus grande de la température de la mer. L'intensification des mouvements d'eau a provoqué aussi un relèvement de la salinité en 1913 (tableau 7).

En allant vers la partie nord de faible profondeur (coupe I), l'influence des facteurs externes s'affirme et se manifeste, en premier lieu, par des valeurs supérieures des maxima de température de la mer et par des valeurs inférieures des minima de salinité (tableau 8).

Tableau 8

Valeurs moyennes des maxima de température, des minima de salinité et des écarts thermiques verticaux de la mer pour toutes les stations de coupes I et II, en été:

		1911	1912	1913
Température max. moyenne °C	Coupe I	25,9	23,0	22,1
	Coupe II	24,5	23,0	21,8
Salinité min. moyenne gr. ‰	Coupe I	32,9	33,4	35,6
	Coupe II	35,5	33,3	36,8
Ecart thermique vertical moyen °C *)	Coupe I	13,3	7,5	5,4
	Coupe II	12,1	8,1	5,6

Les valeurs moyennes des variations verticales de la température de la mer (tableau 8) révèlent aussi l'influence des courants sur le brassage vertical, ce qui se traduit par les écarts thermiques verticaux plus faibles en 1913.

d) Automne.

En Automne quand commence le refroidissement, l'eau subit un mélange très actif comme le montre l'homogénéité de la température de l'eau dont les variations ne sont que de l'ordre de 2°C (de 17 à 19°C environ) (fig. 2).

Le tableau 9 nous donne les températures et les salinités moyennes, pour la coupe II, en Novembre.

*) L'écart thermique vertical moyen correspond à la moyenne des écarts obtenus sur les diverses verticales de la coupe.

Tableau 9

	1911	1913
Température moyenne °C	16,3	17,1
Salinité moyenne gr. ‰	37,4	37,5

La baisse moyenne de la température de la mer entre l'été et l'automne pour la coupe II est de l'ordre de 4°C, donc d'une valeur égale à la hausse de la température entre l'hiver et le printemps. Le relèvement de la température entre le printemps et l'été étant de 6,5°C, la température moyenne de l'automne est donc supérieure à celle du printemps.

e) Caractéristiques générales de l'eau nord-adriatique.

Nous pouvons distinguer les années au cours desquelles les facteurs externes ont exercé une influence prépondérante sur les caractéristiques de l'eau de mer (1911 et 1912) de celles pendant lesquelles a prévalu l'effet des arrivées d'eau de l'Adriatique moyenne. Les premières sont caractérisées, en saison d'été, par une pycnocline bien développée et des écarts plus grands de température. Dans ces étés-là on trouve deux types d'eau: l'une superficielle (plus chaude et moins salée) l'autre profonde, au-dessous de la thermocline. Dans ces périodes, l'eau d'hiver a une densité relativement faible ($\sigma_t < 29,3$) et cette eau présente une corrélation linéaire positive moins nette entre la température et la salinité.

Les années où se fait plus fortement sentir l'effet des courants (1913 et 1914), l'eau est généralement plus salée; en été l'eau de forte salinité a une température moyenne et se rencontre dans la couche intermédiaire (influence du troisième type d'eau). La pycnocline est peu développée et les écarts de la température de la mer faibles. Les hivers sont caractérisés par une eau plus dense ($\sigma_t > 29,3$) et une corrélation linéaire positive plus nette entre la température et la salinité.

III. CARACTERISTIQUES DE L'EAU DE L'ADRIATIQUE MOYENNE

Dans cette région on a effectué des coupes transversales de la fosse de Jabuka (profondeur maxima de 270 m.) et de Palagruž (profondeur maxima de 190 m.) — coupes III et IV (fig. 1).

a) Hiver.

En cette saison, deux types d'eau apparaissent toujours dans la fosse de Jabuka (fig. 6 pour 1. 3. 1911, fig. 7 pour 20. 2. 1914 et fig. 8): l'un dans la couche au voisinage du fond, au-delà de 150 ou 200 m. d'immersion et dont les caractéristiques ne subissent pas de modifications essentielles en cours d'année, c'est-à-dire que ce type est présent de façon constante dans la zone profonde de cette fosse. Nous le définirons comme type d'eau S, avec les caractéristiques

suivantes: $T = 11^{\circ}\text{C}$ et $S = 38,5\%$, d'après les diagrammes. On a aussi trouvé, en hiver, une eau présentant les mêmes caractéristiques dans la partie orientale de l'Adriatique nord, les années où la densité des eaux de cette région était plus forte ($\sigma_t > 29,3$) (fig. 3).

On peut donc en conclure que les hivers où l'eau nord Adriatique dépasse une certaine limite de densité, on observe un mouvement d'eau de l'Adriatique nord vers l'Adriatique moyenne. Cette eau durant de tels hivers envahit tout le fond de la fosse de Jabuka et, par suite de sa densité relativement forte, elle conserve ses caractéristiques. Nous avons la preuve que cette eau ne se renouvelle pas chaque hiver par le taux de saturation moyen en oxygène de la couche d'eau profonde — au-delà de 200 m. — de la fosse de Jabuka, en 1912 et 1913.

Tableau 10

Saturation moyenne en oxygène des eaux profondes de la coupe transversale de la fosse de Jabuka en hiver et en été:

	1912	1913
Hiver	70 ⁰ / ₀	96 ⁰ / ₀
Été	68 ⁰ / ₀	91 ⁰ / ₀

Les années où les échanges diminuent (1912), la saturation en oxygène des eaux profondes est beaucoup plus faible. Ceci est, à notre avis, imputable à l'épuisement partiel de l'oxygène dissous dans la nappe profonde (eau S) — les années où l'eau ne s'est pas renouvelée — et qui n'a pu être compensé par mélange avec les eaux superficielles, l'eau S, de densité relativement élevée, se prêtant peu à un mélange.

Nous avons démontré dans le chapitre précédent, que 1913 et 1914 ont été caractérisées par un apport d'eau plus intense de l'Adriatique moyenne vers l'Adriatique nord. Nous voyons maintenant qu'en hiver, au cours d'un tel type d'année, l'invasion de l'Adriatique moyenne par l'eau nord-adriatique dans la nappe profonde a été aussi plus considérable, ce qui était à prévoir, par compensation.

Sur la coupe de Palagruž (Station A 21) on ne trouve pas d'eau S pure (fig. 10); la preuve nous en est fournie par le taux de saturation moyen en oxygène de l'eau profonde, sur les deux coupes, III et IV.

Tableau 11

		1912		1913	
		hiver	été	hiver	été
Coupe de Jabuka (III)	%	70	68	96	91
Coupe de Palagruž (IV)	%	96	83	95	93

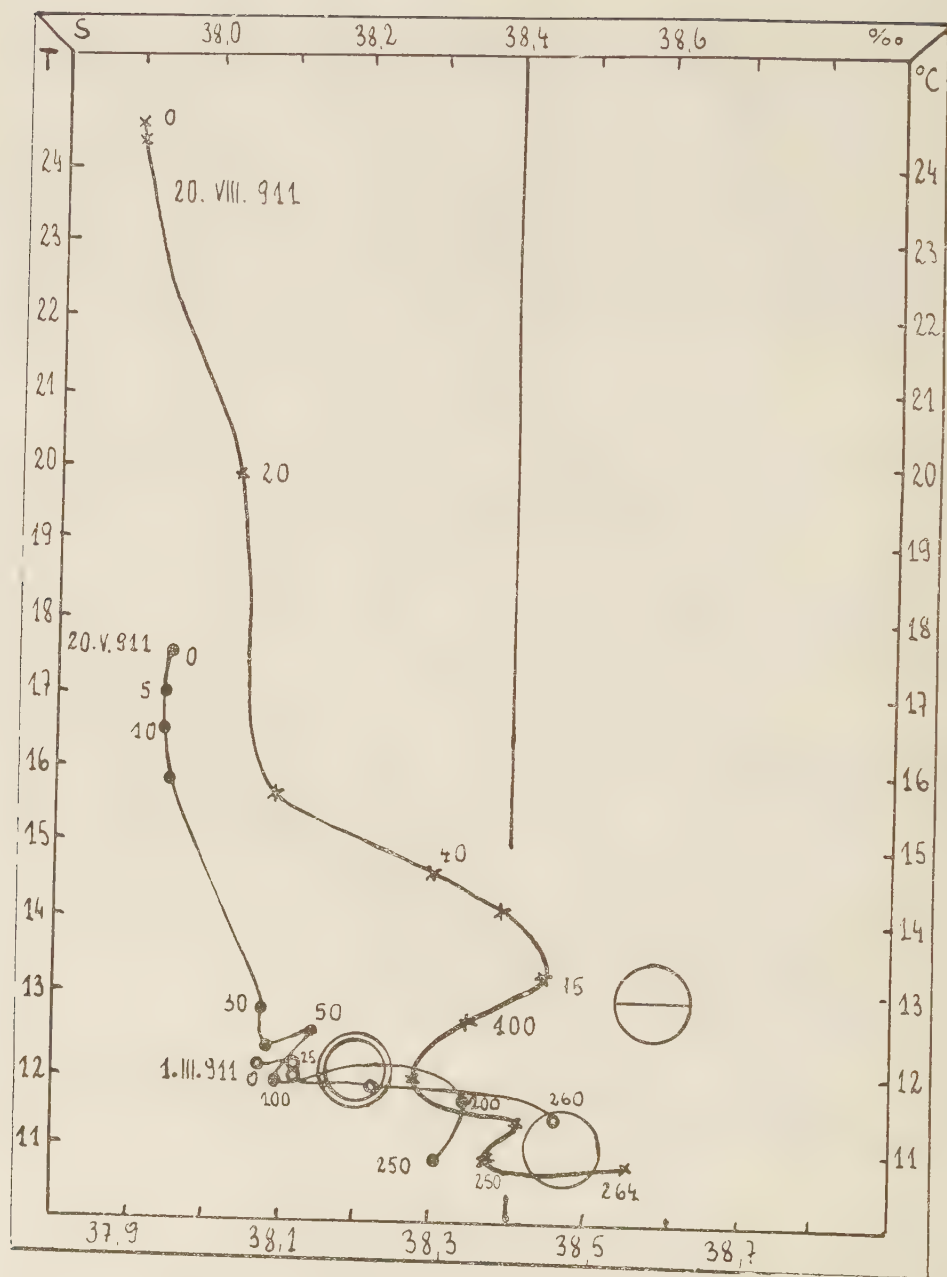


Fig. 6 Diagramme T-S pour la station A 13 de la coupe III. Pendant l'hiver de 1911, on trouve en surface de l'eau de type M (deux cercles concentriques) et, au voisinage du fond, de l'eau S (cercle). Au cours de l'été de la même année on observe l'influence de l'eau J dans la couche intermédiaire (cercle barré).

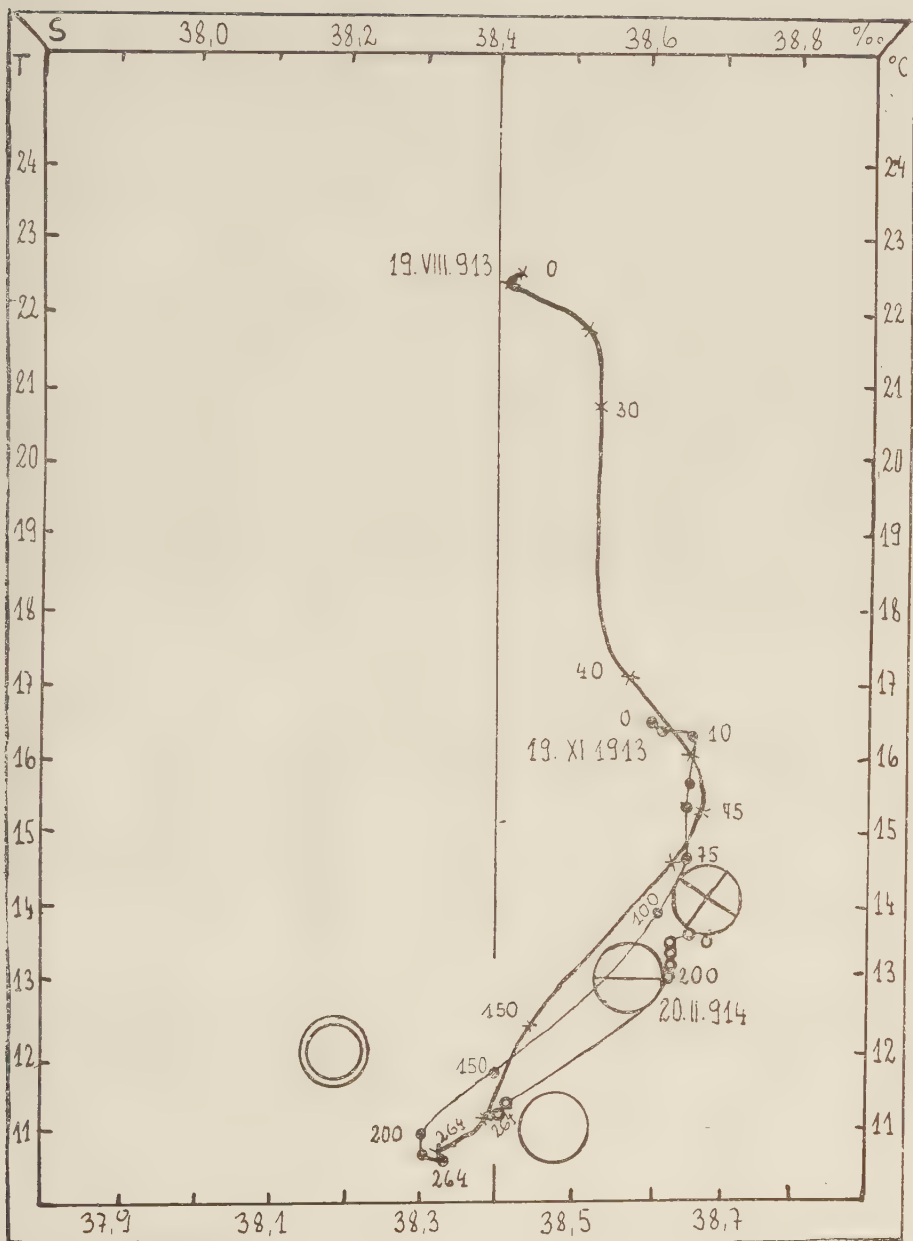


Fig. 7 Diagramme T-S pour la station A 13 de la coupe III. De l'eau S est présente de façon constante (cercle) dans la couche au voisinage du fond. En 1913 et 1914, on ne trouve pas d'eau M (deux cercles concentriques), tandis que de l'eau A (cercle barré deux fois) originaire de la Méditerranée, fait son apparition dans la nappe superficielle en hiver et dans la couche intermédiaire, au printemps et en automne.

Les années où l'apport d'eau nord-adriatique en Adriatique moyenne est faible (1912), comme les années où il est fort (1913), on trouve l'hiver dans la couche profonde (au-delà de 150 m.) de la coupe de Palagruž la même saturation en oxygène. Nous en concluons que l'eau profonde de la coupe de Palagruž se renouvelle tous les hivers, et que cette eau n'est donc pas de l'eau S originaire du nord de l'Adriatique, celle-ci ne pénétrant en Adriatique moyenne que les hivers où les apports sont plus importants.

Dans la couche supérieure de l'Adriatique moyenne nous trouvons aussi une autre eau d'hiver (fig. 6 et 7), mais ses caractéristiques subissent d'une année à l'autre des variations beaucoup plus sensibles. Cette couche intéressant un volume d'eau beaucoup plus considérable que celui de la couche profonde, les modifications des caractéristiques qui s'y produisent auront une répercussion sur les températures et les salinités moyennes dans toute l'épaisseur de l'eau. Le tableau 12 nous donne les valeurs moyennes des températures et des salinités hivernales pour les deux coupes (les données pour les deux coupes proviennent de 0, 50, 100, 150 et 200 m. pour Jabuka, ou du voisinage du fond pour Palagruž); y sont notées également les températures atmosphériques moyennes pour la saison d'hiver (Décembre, Janvier, Février et Mars), ainsi que les quantités de précipitations durant la même période de temps pour Šibenik.

Tableau 12

	Temp. de la mer (°C)		Salinité (gr. ‰)		Temp. de l'air (°C)	Précipitations (mm)
	Coupe de Jabuka	Coupe de Palagruž	Coupe de Jabuka	Coupe de Palagruž		
1911	11,7	12,1	38,2	38,3	7,5	169
1912	12,6	12,8	38,3	38,2	9,5	233
1913	12,7	13,0	38,5	38,5	8,4	299
1914	12,9	13,3	38,6	38,5	8,5	409
1948		(13,9)		(38,6)		
1949		13,3		38,7	8,2	281
1950		(13,2)		(38,5)	8,5	284
1953		13,1		38,3	7,0	311
1954		13,1		38,4	7,0	282
1957		13,4		38,7	8,7	220
1958		13,1		38,4		
Moyenne globale	(12,5)	(12,8) 13,1	(38,4)	(38,4) 38,45		

Les valeurs entre parenthèses, dans le tableau, indiquent que ces chiffres ont été obtenus à partir d'un nombre moindre de données que les autres chiffres. Les valeurs moyennes globales entre parenthèses se rapportent à la période 1911—1914. Les valeurs en caractères gras sont inférieures à la moyenne.

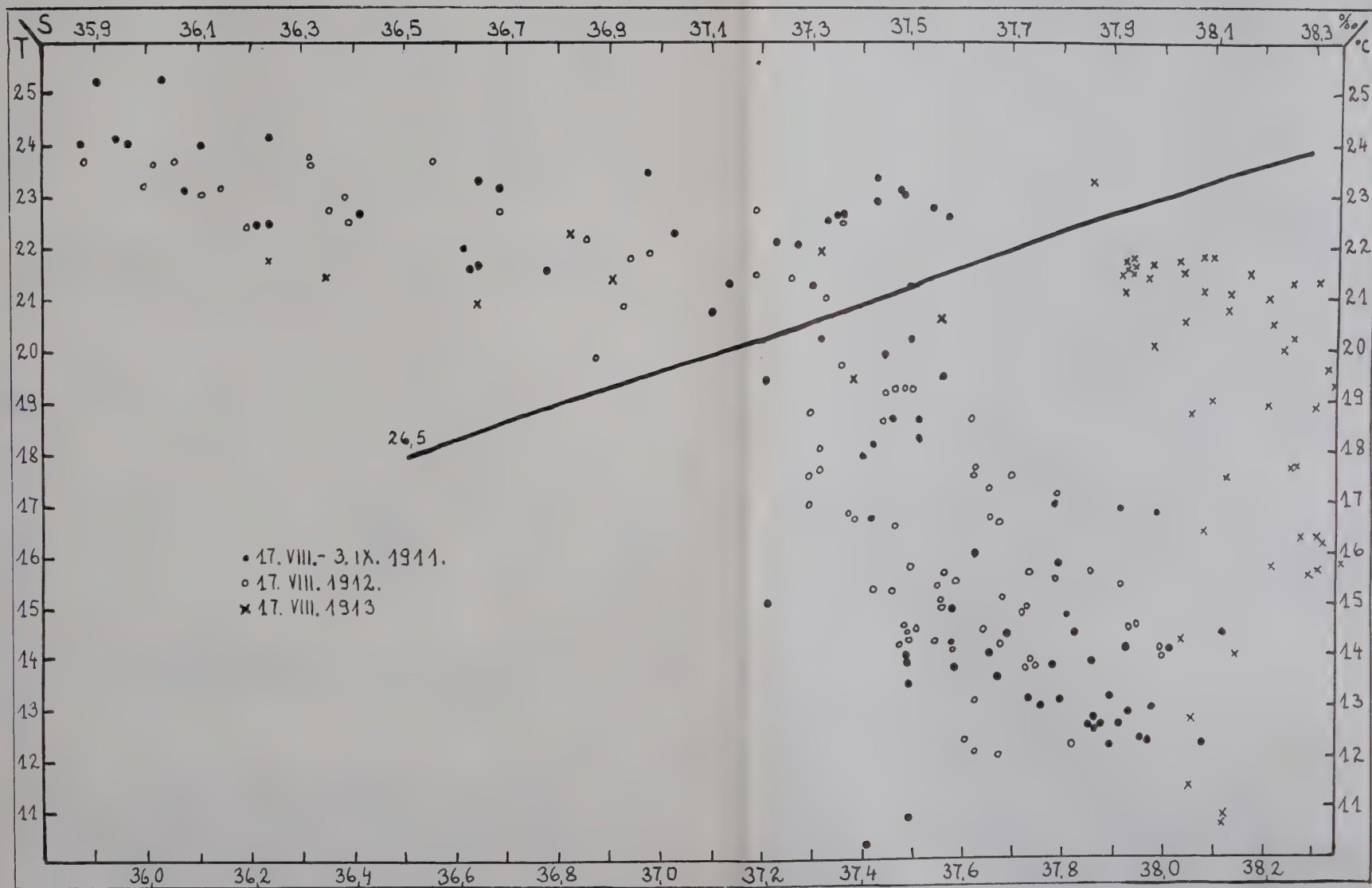


Fig. 5 Diagramme T-S de la coupe II en été (Août et Septembre) pour la période de 1911 à 1913.

Examinons tout d'abord le laps de temps compris entre 1911 et 1914. Nous y observons une hausse progressive de la température et de la salinité. L'amplitude des variations des températures moyennes hivernales est de $2,2^{\circ}\text{C}$ en Adriatique nord et de $1,2^{\circ}\text{C}$ en Adriatique moyenne. Cette différence provient, évidemment, de l'intensification de l'influence des facteurs externes sur les caractéristiques de l'eau, dans les régions de faible profondeur de l'Adriatique septentrionale.

Au cours de ses recherches sur les salinités adriatiques Buljan (1953) a établi que l'eau adriatique est sujette à des fluctuations de la salinité, à longue période de plusieurs années et que l'Adriatique présente deux aspects, quant à la salinité: un aspect salé de plus courte durée (ingression d'eau salée en Adriatique), et un aspect de salinité normale pour cette mer. Le même auteur (Buljan — 1956) a trouvé, ultérieurement, que les fluctuations de la salinité sont accompagnées de fluctuations de la température — à période de plusieurs années — dans les eaux du large de l'Adriatique.

Si nous prenons la moyenne globale des salinités hivernales comme valeur départageant la période de salinité atténuée de la période de salinité plus élevée, celle-ci serait de l'ordre de $38,4\text{‰}$ en Adriatique moyenne, compte tenu de la période 1911 à 1914. La période de relèvement de la salinité est liée à une hausse de la température moyenne de la mer. La température moyenne globale d'hiver pour la même période (1911—1914) est de $12,5^{\circ}\text{C}$ dans la fosse de Jabuka et de $12,8^{\circ}\text{C}$ pour la coupe de Palagruž. Ces valeurs seront prises comme valeurs-limites pour caractériser l'aspect de chacune des coupes respectives. Des salinités supérieures à la limite coïncident avec des températures supérieures à la limite. Nous en concluons donc que, en hiver, suivant les années, sont présents ici des types d'eau différents, compte non tenu de l'influence des facteurs locaux sur leurs caractéristiques.

Le fait suivant le prouve: aucune relation n'a été établie entre les variations des températures hivernales moyennes de la mer et de l'atmosphère au cours de plusieurs années successives (tableau 12) comme c'était le cas en Adriatique nord. On ne trouve en outre aucun rapport entre la quantité des précipitations et la salinité moyenne; de plus en Adriatique moyenne, l'apport d'eau douce fluviale n'est pas important.

La période de salinité plus forte en hiver est aussi celle de la plus forte arrivée d'eau superficielle de l'Adriatique moyenne en Adriatique nord et d'un déplacement considérable d'eau profonde de l'Adriatique nord vers la couche profonde de l'Adriatique moyenne. La formation de divers types d'eau d'hiver dans la nappe superficielle de l'Adriatique moyenne est donc liée à la dynamique des courants, qui varie selon les années.

Définissons d'abord le type d'eau d'hiver qui apparaît dans la couche de surface de l'Adriatique moyenne, pendant la période de salinité atténuée. C'est le type d'eau M, avec les caractéristiques suivantes: $T = 12^{\circ}\text{C}$ et $S = 38,2\text{‰}$, c'est-à-dire la température et la salinité de l'eau d'hiver, dans la fosse de Jabuka, entre 0 et 200 m. d'immersion, les années de plus faible salinité. Nous pouvons suivre la formation de l'eau M sur la fig. 8 d'après les données pour 1911. Il est clair qu'elle se forme par refroidissement et brassage les hivers où n'apparaît pas dans cette région le troisième type d'eau (plus salée).

L'eau de la nappe superficielle de la fosse de Jabuka (fig. 6) est beaucoup plus homogène que celle que nous trouvons sur la coupe de Palagruž (fig. 10). C'est pourquoi nous considérons la couche supérieure de la fosse de Jabuka comme source de l'eau M, les hivers de salinité plus faible.

Entre 1911 et 1914, la température et la salinité superficielles ont progressivement augmenté (fig. 6 et 7) et nous appellerons eau de type A, celle qui durant cette période a atteint les valeurs les plus élevées de la température et de la salinité: $T = 14^{\circ}\text{C}$ et $S = 38,7\text{‰}$. Cette eau apparaît au cours des hivers où la salinité augmente et elle est donc originaire de l'Adriatique moyenne, ces années-là ayant été marquées par des apports d'eau plus importants. Si nous en jugeons par ses caractéristiques, elle ne peut pas non plus dériver de l'Adriatique nord. Elle ne peut donc provenir que de l'Adriatique sud.

Il est donc permis de dire que l'eau de l'Adriatique moyenne — à l'exception de celle qui occupe la couche profonde de la fosse de Jabuka — acquiert en hiver, soit les caractéristiques de l'eau M ou A, soit celles résultant du mélange de ces deux types d'eau. Si les apports d'eau sont faibles, les caractéristiques de l'eau se rapprochent de celles du type M, s'ils sont plus considérables, ce sont celles du type A qui l'emportent. Les hivers où l'eau revêt des caractéristiques proches de celles du type M, la salinité moyenne reste en-dessous de la limite, la température moyenne également. L'examen de la série assez longue des moyennes de Palagruž (tableau 12) nous montre que les valeurs-limites de la température et de la salinité ayant servi à déterminer les deux aspects hivernaux différents en Adriatique moyenne sont: $T = 13,1^{\circ}\text{C}$ et $S = 38,45\text{‰}$. A des valeurs de la salinité inférieures aux valeurs-limites correspondent des valeurs de la température inférieures à la limite. Un léger écart apparaît en 1913. A des valeurs de la salinité supérieures aux valeurs-limites correspondent des températures supérieures aux valeurs-limites, ce qui se produit quand les caractéristiques de l'eau sont plus voisines de celles du type A.

La coupe de Palagruž n'étant la région d'origine d'aucune eau, nous pouvons la considérer comme transitoire. Les températures et les salinités moyennes globales (de plusieurs années) pour les hivers de la période de relèvement de la salinité (tableau 13), sur cette coupe, permettent cependant d'identifier un type d'eau dont nous reparlerons: le type d'eau J avec $T = 13^{\circ}\text{C}$ et $S = 38,6\text{‰}$. Les moyennes globales hivernales, pour les périodes de salinité supérieure et inférieure, sur la coupe de Palagruž (tableau 13), peuvent être adoptées comme valeurs caractéristiques de la température et de la salinité de l'eau pour l'un et l'autre type d'année, en Adriatique moyenne.

Tableau 13

Températures et salinités globales moyennes de l'eau pour les hivers de salinité plus élevée ou de salinité atténuée, sur la coupe de Palagruž:

	Température ($^{\circ}\text{C}$)	Salinité (gr. ‰)
Salinité plus élevée	13,35	38,57
Salinité atténuée	12,86	38,32

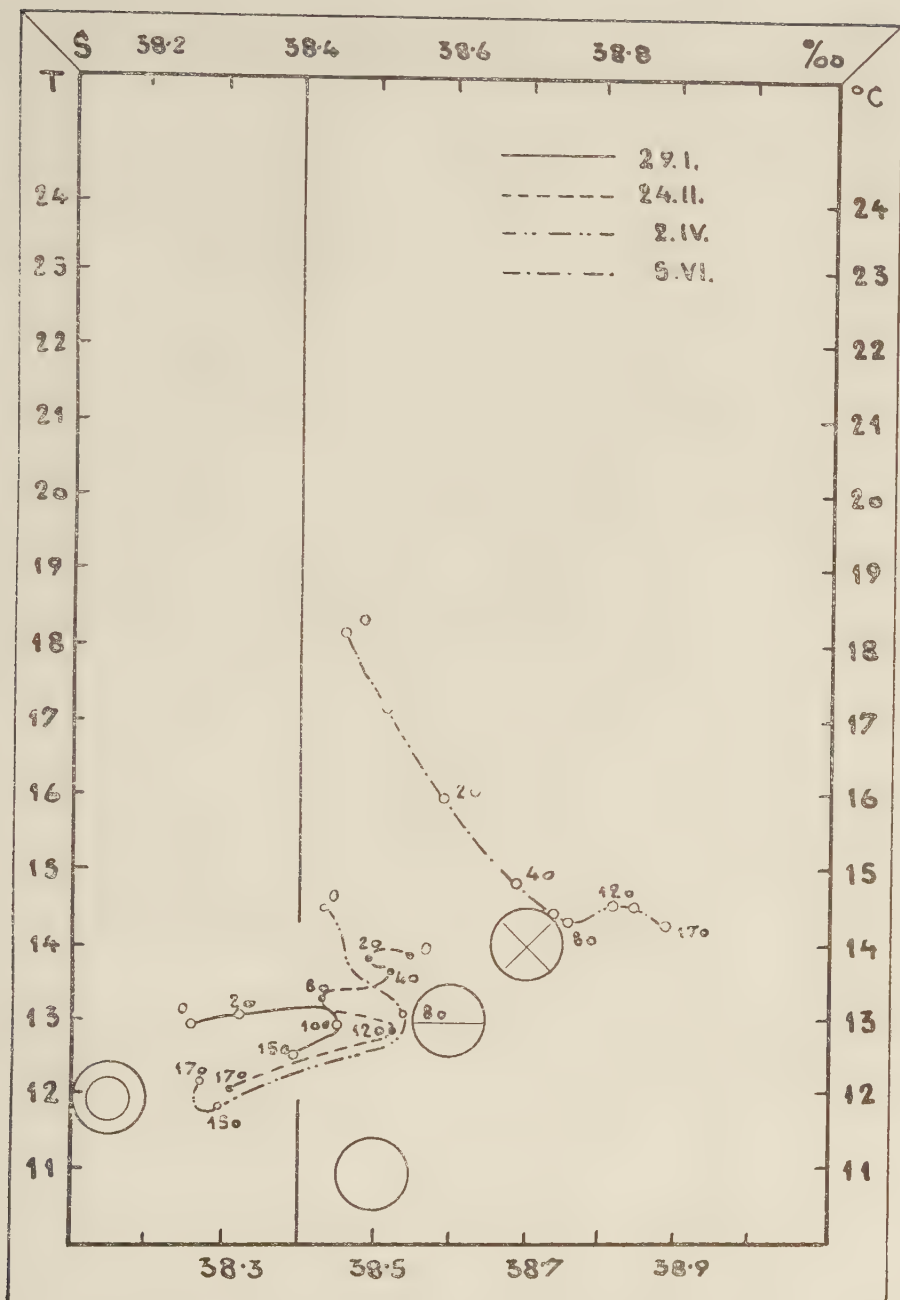


Fig. 9 a Diagrammes T-S pour les mois consécutifs de l'année 1953, pour la station A 21 de la coupe IV. Sur cette coupe de transition, nous observons l'influence des quatre types d'eau, définis en Adriatique (S, M, J et A) au cours de cette même année.

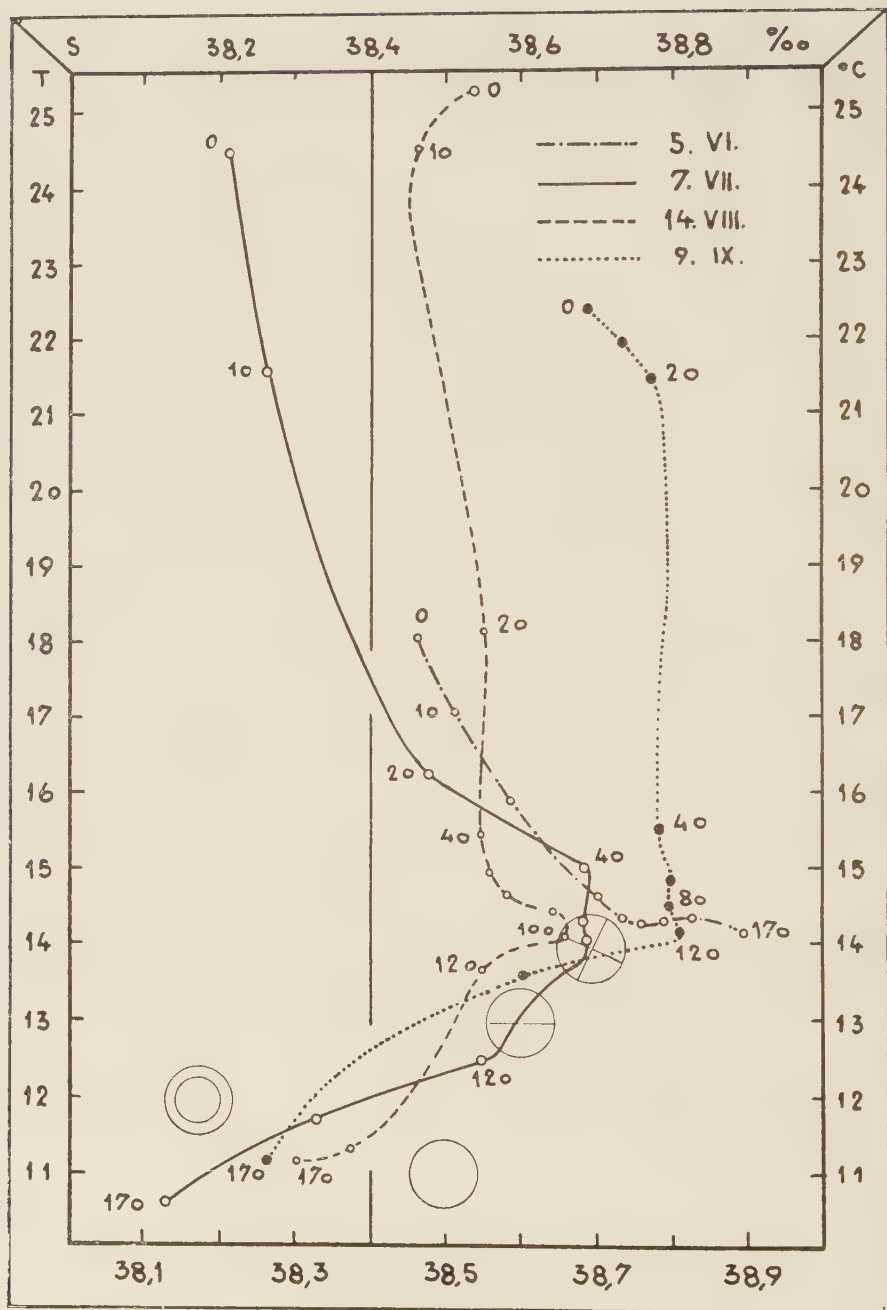


Fig. 9 b Diagrammes T-S pour les mois consécutifs de l'année 1953 pour la station A 21 de la coupe IV. Sur cette coupe de transition nous observons l'influence des quatre types d'eau, définis en Adriatique (S, M, J et A) au cours de cette même année.

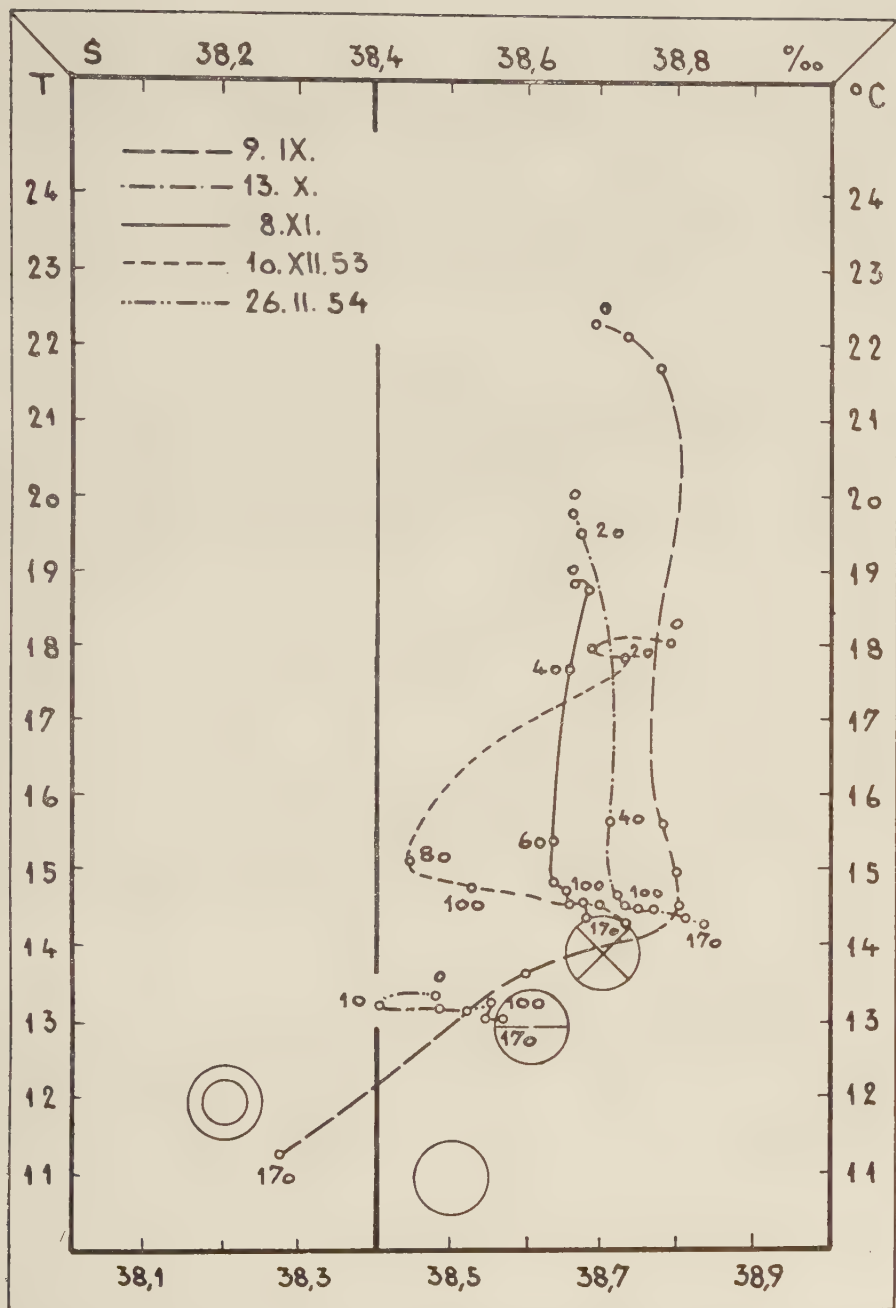


Fig. 9 c Diagrammes T-S pour les mois consécutifs de l'année 1953 pour la station A 21 de la coupe IV. Sur cette coupe de transition nous observons l'influence des quatre types d'eau, définis en Adriatique (S, M, J et A) au cours de cette même année.

En ce qui concerne la distribution horizontale des caractéristiques, nous voyons que la température hivernale moyenne pour la fosse de Jabuka est, en général, légèrement inférieure (de $0,3^{\circ}\text{C}$) à celle enregistrée pour la coupe de Palagruž (tableau 12).

Le diagramme de la figure 13, d'après lequel sont tracées les courbes T-S pour certains hivers, pour les deux coupes, indique que la baisse de température dans la fosse de Jabuka est due surtout à la présence d'eau S dans cette région et peut-être aussi sans doute, à la position plus septentrionale de cette région.

La valeur moyenne globale de la salinité est identique pour les deux coupes, les salinités inférieure et supérieure apparaissent aussi simultanément sur les deux coupes. Il semble seulement que les minima et les maxima de Palagruž précèdent ceux de Jabuka: le maximum de salinité, pour la période 1911—1914 qui s'est déjà produit en 1913 à Palagruž, n'apparaît qu'en 1914 dans la fosse de Jabuka. Ce décalage pourrait aussi s'expliquer en partie par l'éloignement géographique puisqu'il s'agit ici d'une arrivée d'eau de l'Adriatique sud en Adriatique moyenne.

b) *Printemps.*

Au printemps commence l'échauffement de la mer qui ne se propage pas dans toute l'épaisseur du fluide. Dans la fosse de Jabuka, même en cette saison, on trouve de l'eau S dans la couche au voisinage du fond (ou un mélange, d'eau M+S). A Palagruž on observe le plus fréquemment l'apparition d'eau mélangée MS dans la zone profonde (fig. 9a). La nappe superficielle des deux coupes renferme une eau très peu salée ($S = 38,0$ et au-dessous) probablement sous l'effet des pluies printanières. Les années de salinité plus élevée (1913, 1914 et autres) sont marquées par l'apparition d'une eau intermédiaire salée ($S = 38,7$).

c) *Été.*

En été nous trouvons trois couches d'eau plus ou moins franchement distinctes présentant des caractéristiques diverses. L'eau de chacune de ces trois couches correspond à un type différent (fig. 6, 7 et 11 a, b). Nous trouvons la première dans la nappe superficielle qui englobe la pycnocline jusqu'à l'immersion de 50 m. environ; elle est relativement chaude et peu salée. Sa présence dans la couche de surface est liée au régime estival des courants de surface qui répand l'eau nord-adriatique d'été dans la nappe superficielle de l'Adriatique tout entière (Zore 1956); mais elle est naturellement soumise à une action thermique directe. Les caractéristiques de cette eau d'été superficielle, plus exposée à l'influence de l'échauffement et des autres facteurs externes, varient d'une année à l'autre, plus sensiblement que celles des autres eaux. Entre 1911 et 1913, on a observé, parallèlement à une baisse de température de l'eau de surface, un accroissement de sa salinité. Il apparaît donc que, durant la période où, en hiver, la température et la salinité de la nappe superficielle s'élevaient, en été, la salinité augmentait aussi mais la température s'abaissait. Il est permis de supposer qu'un relèvement de la température

superficielle en été indique un afflux plus intense d'eau nord-adriatique, venant d'un bassin de faible profondeur où l'échauffement estival est plus actif, d'autant plus que la hausse de température de l'eau est liée à une faible salinité, fait qui caractérise l'eau nord-adriatique.

Les années marquées par une hausse de la température et une baisse de la salinité des eaux de surface seraient donc caractérisées par une plus forte arrivée d'eau nord-adriatique dans la nappe superficielle de l'Adriatique moyenne: la pycnocline est plus développée les étés où l'arrivée d'eau superficielle nord-adriatique est plus considérable. Ces étés-là, l'eau au-dessus de la pycnocline est plus légère, donc plus stable, d'où affaiblissement du brassage vertical.

La couche intermédiaire (celle-ci plonge, certaines années, jusqu'au fond de la coupe de Palagruž) est caractérisée par une eau plus salée et occupe une couche s'étendant entre les immersions 50 et 150 m. environ. Entre 1911 et 1913 la salinité des eaux intermédiaires a augmenté et en 1913, elles revêtent les caractéristiques de l'eau de type A (fig. 7a, 19. 8. 1913). L'année où en hiver, les eaux superficielles de cette région ont présenté les caractéristiques de l'eau A, en été ce sont les eaux de la bande intermédiaire qui ont acquis ces mêmes caractéristiques.

Les années de salinité atténuée, les caractéristiques des eaux intermédiaires se rapprochent de celles de l'eau de type J (fig. 6c, 20. 8. 1911).

Dans la zone profonde de la fosse de Jabuka et parfois aussi, mais mélangée, sur la coupe de Palagruž, on observe la présence constante d'eau S entre 150 ou 200 m. et le fond.

Cette répartition des caractéristiques en trois bandes superposées témoigne d'une dynamique déterminée des mouvements de l'eau en été en Adriatique moyenne. Dans les couches superficielles et profondes, nous trouvons une eau originaire de l'Adriatique nord, et dans la bande intermédiaire une eau salée venue de l'Adriatique sud. Pendant la période de salinité plus faible, on observe une sortie plus abondante d'eau nord-adriatique en Adriatique moyenne tandis que l'arrivée d'eau sud-adriatique dans la couche intermédiaire est moins considérable (couche intermédiaire moins développée) et inversement au cours des années de relèvement de la salinité, on note un mouvement plus fort d'eau sud-adriatique dans la couche intermédiaire et un mouvement plus faible d'eau d'été nord-adriatique en Adriatique moyenne.

En l'absence d'eau A, relativement salée, dans la bande intermédiaire toute la masse du fluide présente généralement une salinité atténuée. De plus, au cours de ces étés, la pycnocline étant plus développée, la température de l'eau superficielle sera plus haute. Dans les conditions d'un brassage vertical affaibli (stabilité plus grande), la température de la couche d'eau au voisinage du fond sera aussi plus basse. On doit donc s'attendre à ce que de tels étés soient caractérisés par de faibles salinités et des amplitudes verticales moyennes de températures plus grandes.

Dans le tableau 14 figurent les valeurs moyennes de la salinité (calculées comme pour l'hiver) et les écarts moyens de température (d'après Buljan, 1957) dans la fosse de Jabuka pour une période de trois étés successifs d'observation.

Tableau 14

	1911	1912	1913
Ecart moyen de la variation verticale de la température °C	12,68	12,89	11,30
Salinité moyenne gr. ‰	38,2	38,1	38,5

Pendant les étés de plus forte salinité les écarts de la température sont plus faibles.

Tableau 15

		Salinité moyenne (gr. ‰)	Ecart moyen de température (°C)	Température moyenne (°C)
Août	1911	38,2	12,78	16,7
„	1912	38,3	10,57	16,4
„	1913	38,5	9,17	16,8
Septembre	1949	38,7	9,22	16,2
Août	1952	38,4	11,26	17,2
„	1953	38,6	11,85	17,2
Septembre	1953	38,6	8,99	16,6
Août	1954	38,3	10,94	17,0
„	1956	38,6	10,96	17,8
Septembre	1957	38,6	8,09	16,9
Moyenne		38,47	10,38	16,8

Les caractéristiques mentionnées concernent aussi la coupe de Palagruž. Le tableau 15 nous présente les valeurs moyennes de la température, de la salinité et des écarts de températures pour tous les étés pour lesquels nous possédons des données, pour la coupe de Palagruž (calculées comme pour l'hiver).

Si nous considérons les valeurs moyennes globales de la salinité et des écarts de température ($S = 38,47\text{‰}$ — $T = 10,4^{\circ}\text{C}$) comme valeurs-limites pour la détermination des deux aspects de l'eau d'été, nous voyons que les valeurs moyennes de la salinité, inférieures à la limite (en caractères gras) sont liées aux valeurs des écarts moyens de température supérieures aux valeurs-limites.

1953 et 1956 ont fait exception à cette règle: les salinités supérieures à la limite ont coïncidé avec des écarts supérieurs aux écarts limites. Mais si nous considérons 1953 — d'après les données concernant l'hiver — comme entrant dans la période de salinité atténuée et si nous observons que l'écart entre la valeur de la variation moyenne de température pour 1956 et celle attendue est faible ($0,6^{\circ}\text{C}$), nous pouvons donc dire que, d'une façon générale, en période d'été, on relève un parallélisme entre la salinité plus élevée et une variation plus faible de la température de la mer.

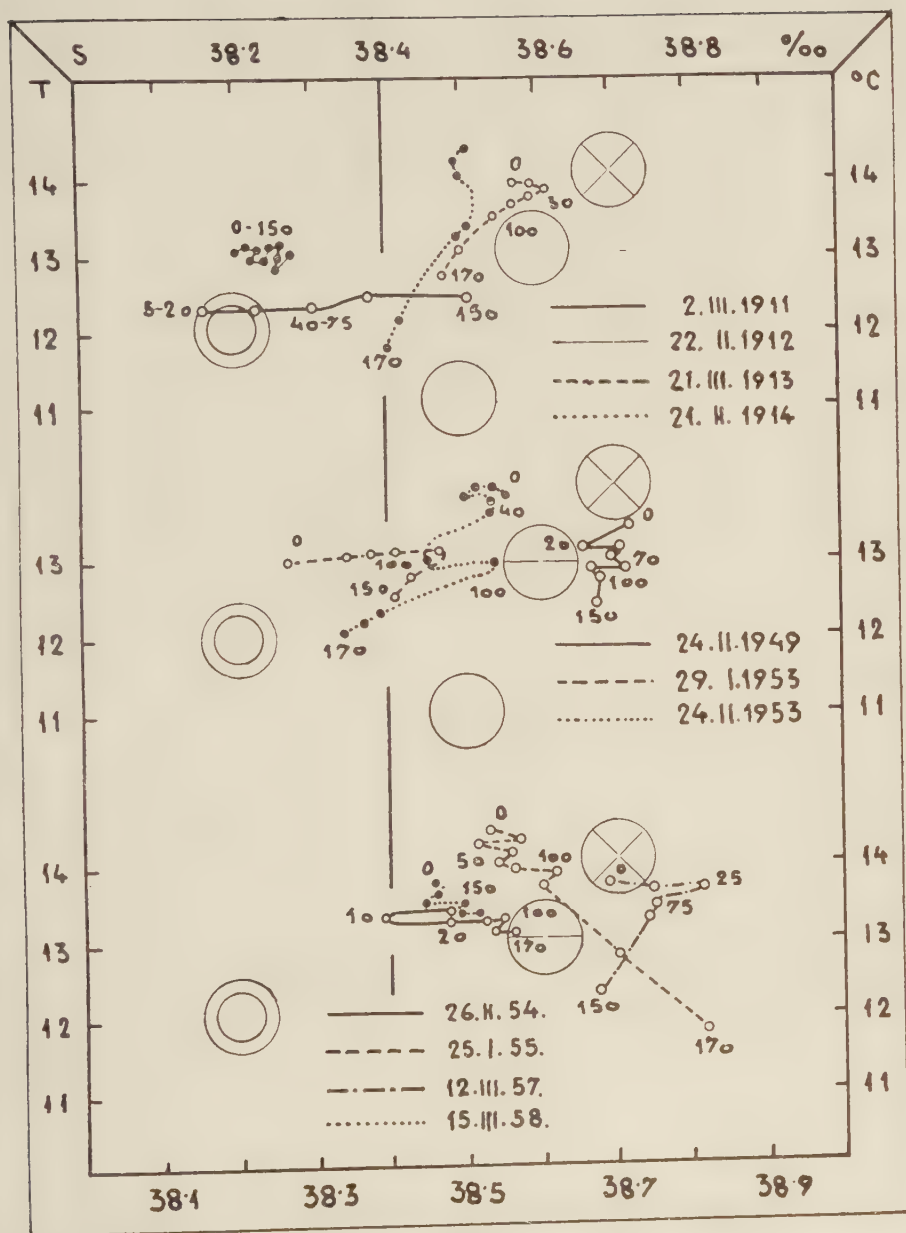


Fig. 10 Diagrammes T-S pour les hivers, pour la station A 21 (II) de la coupe IV. L'eau revêt des caractéristiques intermédiaires entre celles de M (double cercle concentrique) et celles de A (cercle barré deux fois). L'eau de type S (cercle) n'apparaît pas, pure, en hiver, sur cette coupe

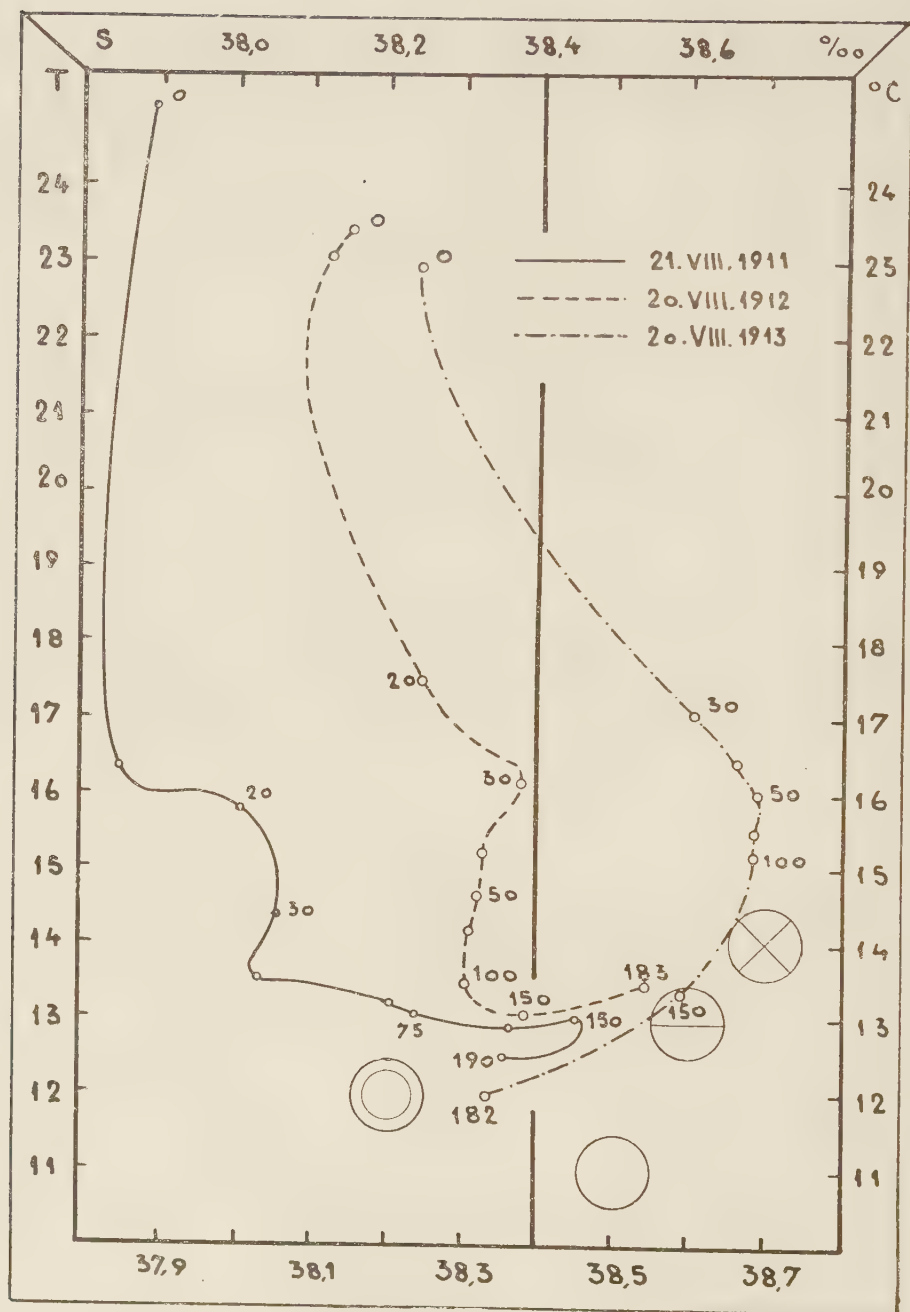
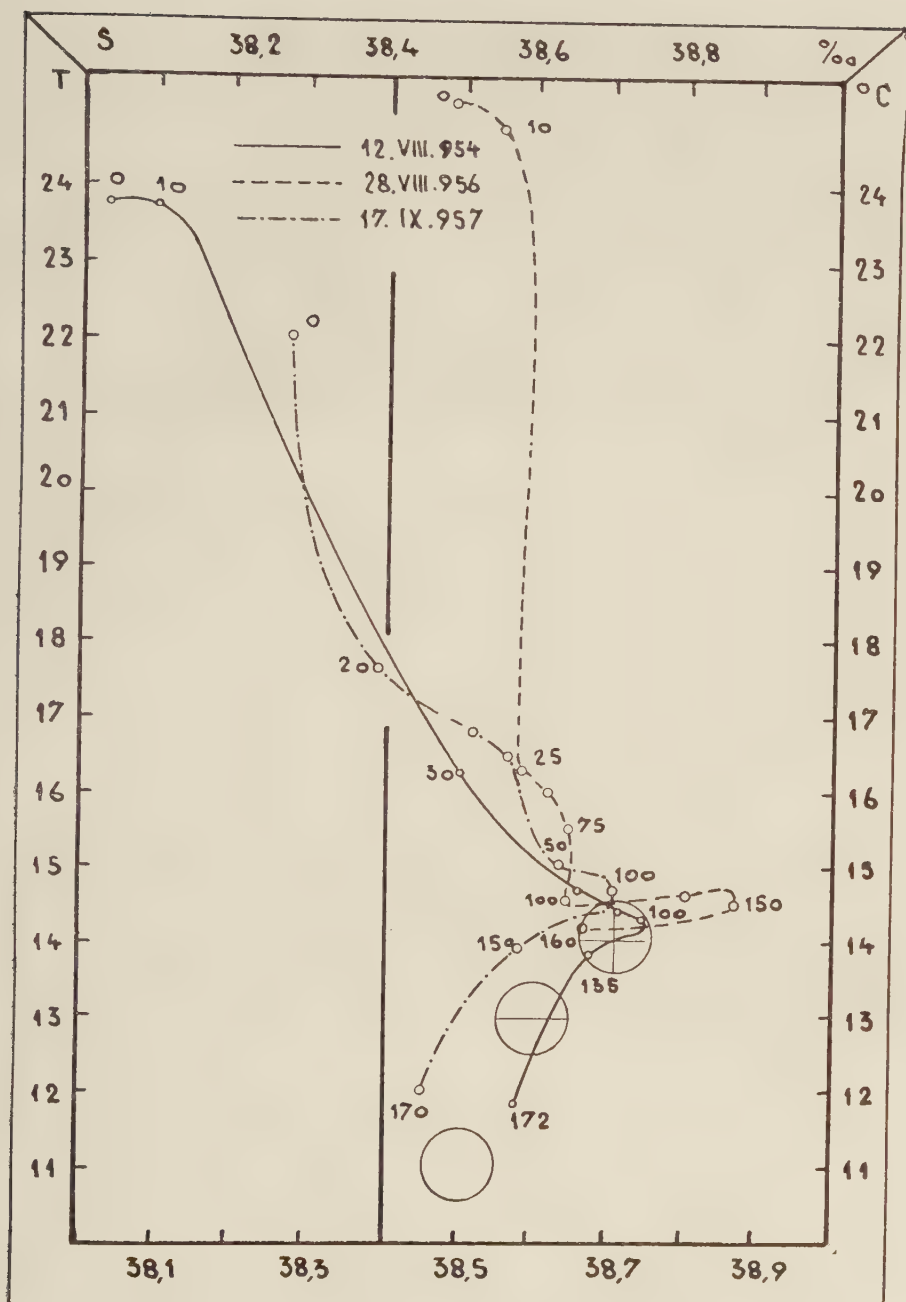


Fig. 11 Diagramme T-S pour les mois d'été, pour la station A 21 (11) de la coupe IV. La couche intermédiaire d'eau salée est toujours présente, mais plus développée les années de salinité plus forte (1913, 1956, 1957). Dans



la couche avoisinant le fond, on trouve un mélange d'eaux M S (double cercle concentrique et cercle).

Afin d'éliminer de la règle énoncée l'effet des facteurs locaux susceptibles de former en surface une eau ou plus chaude ou plus froide, nous nous servirons du raisonnement suivant: la valeur moyenne globale de la température estivale étant de l'ordre de $16,8^{\circ}\text{C}$ (tableau 15) nous considérerons donc comme «années normales» celles dont la température se rapproche le plus de la moyenne globale (c'est-à-dire une température moyenne de $16,6^{\circ}\text{C}$ à $17,0^{\circ}\text{C}$) et nous admettrons que ces années-là ont été le moins influencées par les facteurs locaux. Si, maintenant, nous ne prenons en compte que les années dont les valeurs moyennes de la température s'inscrivent dans les limites indiquées (1911, 1913, 1953, 1954 et 1957) nous observons ces années-là — sans exception — qu'à des valeurs de la salinité supérieures aux valeurs-limites correspondent des valeurs de la variation de la température inférieures aux valeurs-limites ($10,4^{\circ}\text{C}$).

Dans le tableau 16 sont présentées les valeurs moyennes des salinités et des écarts verticaux de la température de la mer pour la fosse de Jabuka et la coupe de Palagruž.

Tableau 16

		1911	1912	1913	Moyenne
Salinité gr. ‰:	Coupe de Jabuka	38,2	38,1	38,5	38,3
	Coupe de Palagruž	38,2	38,3	38,5	38,3
Ecart de la température $^{\circ}\text{C}$:					
	Coupe de Jabuka	12,68	12,89	11,30	12,29
	Coupe de Palagruž	12,78	10,57	9,17	10,84

Pour les deux coupes, la salinité est la même en hiver et en été; l'apparition de salinités plus élevées ou plus basses concorde également. Pour les deux coupes également, la baisse de la salinité est en rapport avec les plus grandes variations de température, mais on note une différence de valeur de la variation moyenne entre les deux coupes. Le diagramme T-S, pour les deux coupes (fig. 12) révèle que cette différence provient de l'absence d'eau S, plus froide, à Palagruž.

d) Automne.

En automne la mer commence à se refroidir et sa température est presque identique à celle du printemps, mais c'est en automne que la répartition verticale de la température et de la salinité est la plus irrégulière. La thermocline a disparu, or on sait qu'en période de refroidissement sa préexistence aurait pu justement favoriser le brassage vertical des eaux, et c'est probablement la raison pour laquelle l'eau, à l'arrière-saison, est plus irrégulièrement stratifiée qu'au printemps.

Dans les eaux profondes de la fosse de Jabuka on décèle aussi en cette saison l'effet de l'eau S (fig. 7 pour 19. 11. 1913). En période de salinité plus élevée l'effet de l'eau A se fait sentir.

e) *Caractéristiques générales de l'eau de l'Adriatique moyenne et leurs fluctuations annuelles.*

On a déjà mentionné à plusieurs reprises, que les caractéristiques de l'eau varient, en général, suivant les périodes de salinité supérieure ou inférieure. Cette différence nous apparaît sur le diagramme de la figure 8.

En période de salinité atténuée, les valeurs les plus élevées de la salinité sont liées aux valeurs les plus basses de la température, alors qu'en période de salinité accrue, les plus hautes valeurs de la salinité sont liées à des valeurs moyennes de la température (présence d'un troisième type d'eau).

Les fluctuations annuelles des caractéristiques, dans la fosse de Jabuka, montrent que le maximum de salinité se situe en automne. L'eau hivernale est la plus complètement mélangée et, en période d'échauffement, elle se sépare en trois couches: dans la couche intermédiaire on trouve de l'eau J plus salée ou de l'eau A. Dans la zone au voisinage du fond de l'eau S est présente toute l'année.

Les fluctuations annuelles des caractéristiques pour 1953 sur la coupe de Palagruž, sont traduites par le diagramme de la figure 9 a, b, c, sur lequel est tracée l'unique série des données relatives au large et pour presque tous les mois de l'année. La température de l'eau a été minimale en Février (plus exactement le 29 Janvier et le 24 Février); ce mois peut donc être considéré comme caractéristique pour la saison d'hiver. La courbe au début d'Avril (2 Avril) ne différant pas essentiellement des précédentes, on peut donc considérer aussi Mars comme un mois d'hiver. La plus haute température est notée en surface en Août: ce mois-là serait donc représentatif de l'été. De plus, les courbes de Juillet et de Septembre ne présentant aucune différence sensible avec celle d'Août, les courbes T-S de ces deux mois peuvent donc aussi caractériser l'été.

La coupe de Palagruž est une coupe de transition, les eaux ne font qu'y passer, elle n'est le lieu d'origine d'aucune eau de type déterminé et nous y trouvons en cours d'année l'influence des quatre types d'eau définis sur la figure 9 a, b, c.

L'eau de la couche intermédiaire étant en général la plus salée, les diagrammes T-S ont le plus fréquemment la forme d'une parabole. Les branches de cette parabole s'allongent pendant les mois d'été, traduisant ainsi dans la nappe superficielle, un échauffement avec apport d'eau moins salée et, en profondeur, un apport d'eau plus froide et moins salée. Ces deux faits sont en relation entre eux, mais sont liés aussi au développement de la couche intermédiaire plus salée, le tout pouvant être mis en relation avec le régime des courants.

Sur le tableau 17, les salinités moyennes de la coupe de Palagruž, pour toutes les saisons, sont établies à partir de mesures effectuées à 0, 50, 100, 150 m. et sur le fond (à plus de 175 m.). En 1953, en l'absence de données pour 50 m. de profondeur, nous avons retenu celles de 60 m. Une comparaison avec les moyennes de 1954, calculées en se servant séparément de celles de 50 m. et celles de 60 m. montre que cette différence de niveau n'a aucune influence sur le résultat final. Les valeurs pour 1953 peuvent donc être tenues comme comparables. Les moyennes ont été établies à partir de données provenant de 6 stations; les chiffres entre parenthèses signifient que ces moyennes ont été calculées d'après un nombre moindre de stations.

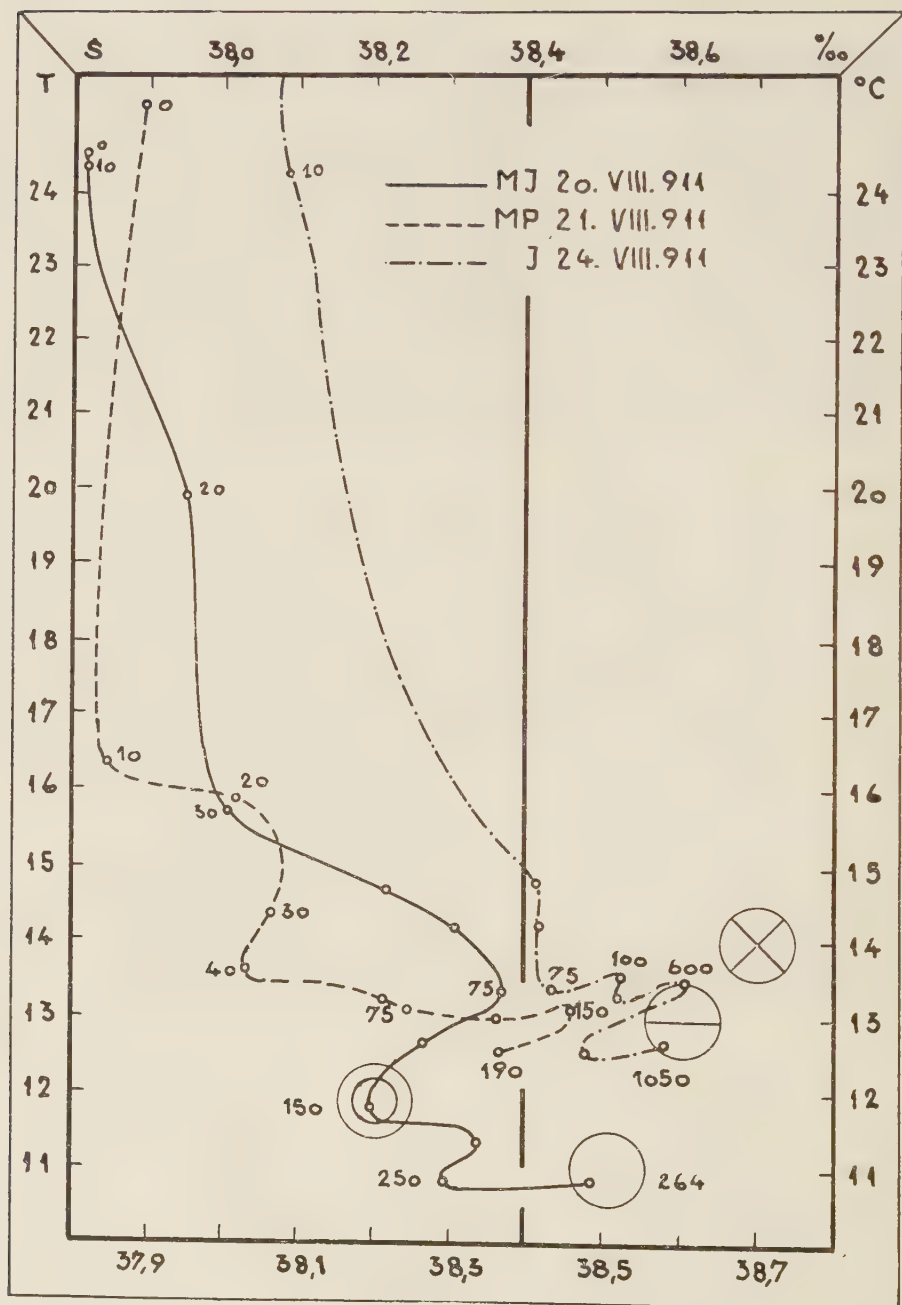


Fig. 12 a Diagrammes T-S pour la station A 13 de la fosse de Jabuka (M J), la station A 21 (11) de la coupe de Palagruž (M P) et la station A 28 (17) de la fosse sud-adriatique pour l'été de salinité plus faible (1911).

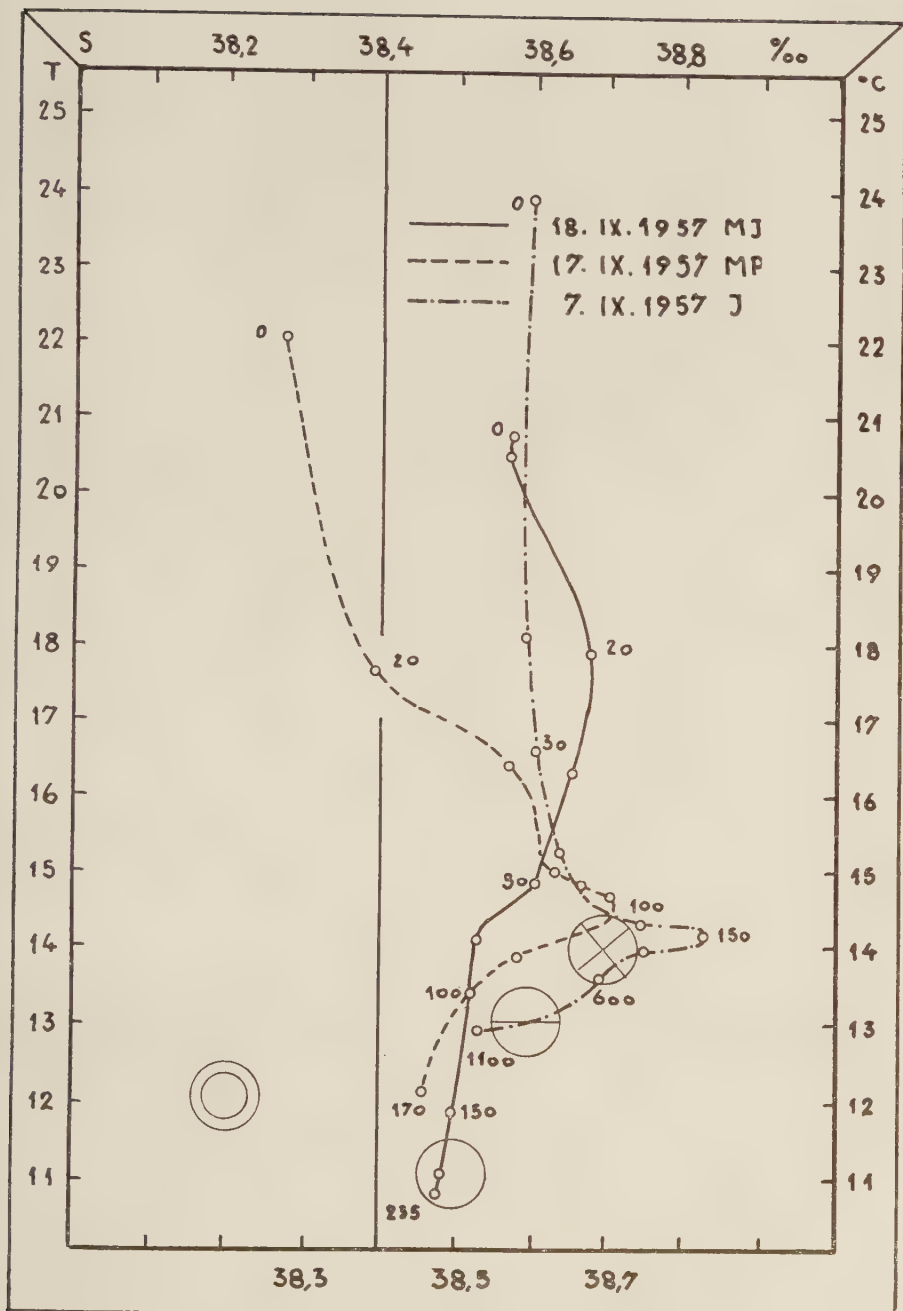


Fig. 12 b Diagramme T-S pour la station A 13 (M J), la station A 21 (M P) et la station A 28 (J) pour l'été de salinité plus forte. On y observe la modification des caractéristiques de l'eau A au cours de son cheminement vers l'Adriatique nord.

Tableau 17

	Hiver (23. 1. — 15. 3.)	Printemps (11. 4. — 21. 4.)	Été (31. 7. — 17. 9.)	Automne (10. 11. — 28. 12.)
1911	38,3	38,1	38,2	38,3
1912	38,2	38,0	38,3	—
1913	38,5	38,5	38,5	38,6
1914	38,5	—	—	—
1948	(38,6)	38,6	—	38,8
1949	38,7	38,7	38,7	38,7
1950	(38,5)	(38,5)	—	—
1951	—	—	—	—
1952	—	—	38,4	38,3
1953	38,3	38,5	38,6	38,6
1954	38,4	—	38,3	—
1955	38,5	38,5	—	—
1956	—	38,6	38,6	38,6
1957	38,7	38,4	38,6	38,5
1958	38,4	38,4	—	38,4
Moyenne globale	38,45	38,43	38,47	38,53
Moyenne globale générale 38,47.				

D' une façon générale, les fluctuations de la salinité accusent une variation de l' ordre de 0,1‰ entre le minimum printanier et le maximum d' arrière-saison; il y a lieu de remarquer que les moyennes saisonnières globales n' ont pas été calculées d' après un nombre égal d' années. Les diagrammes T-S nous montrent cependant que la plus basse salinité est enregistrée au printemps dans la nappe superficielle (fig. 8). Cette eau de surface peu salée est responsable du minimum printanier de salinité. En outre, la plus basse moyenne de salinité se manifeste aussi au printemps (38,0‰ en 1912). Le maximum de salinité s' observe par contre en automne (38,8‰ en 1948). La valeur moyenne élevée des salinités d' automne semble être en rapport avec le développement des eaux intermédiaires, ce que nous examinerons ultérieurement. La salinité moyenne globale pour toutes les saisons s' établit à 38,47‰ et les moyennes globales, estivales et hivernales, se rapprochent de cette valeur. C' est pourquoi ces deux saisons sont les plus propices pour la détermination des fluctuations de l' eau adriatique, quant à la salinité.

Le tableau 17 nous montre comment — par rapport à la salinité moyenne globale générale — alternent des périodes de salinité supérieure ou inférieure. Entre 1911 et 1914, nous avons tout d'abord une période de salinité inférieure suivie d'une période de salinité supérieure. Entre 1948 et 1950, on note des salinités très élevées. A partir de cette époque jusqu'en 1954, les données continues nous font malheureusement défaut, mais les seules valeurs que nous connaissons indiquent qu'il s'agissait d'une période — plus ou moins caractérisée — de basses salinités. Entre 1955 et 1957, nous retrouvons de nouveau une période d'accroissement de la salinité, alors qu'en 1958 nous enregistrons une baisse. Buljan (1953), dans son étude sur les fluctuations de la salinité en Adriatique, a établi la périodicité des apparitions d'eau plus salée et a supposé que de telles ingressions d'eau salée en Adriatique se reproduisaient tous les 9 ans. En se basant sur cette observation Buljan a prévu la période 1956—1958 de relèvement de la salinité dans cette mer. Afin d'étayer certaines conclusions antérieures, nous présentons dans le tableau 18 les saturations moyennes en oxygène pour la coupe de Palagruž, à une profondeur déterminée:

Tableau 18

		0 m.	50 m.	100 à 190 m.
1911	hiver	106 ⁰ / ₀	96 ⁰ / ₀	94 ⁰ / ₀
	été	99 ⁰ / ₀	100 ⁰ / ₀	83 ⁰ / ₀
1912	hiver	71 ⁰ / ₀	98 ⁰ / ₀	96 ⁰ / ₀
	été	98 ⁰ / ₀	102 ⁰ / ₀	83 ⁰ / ₀
1913	hiver	99 ⁰ / ₀	97 ⁰ / ₀	95 ⁰ / ₀
	été	98 ⁰ / ₀	103 ⁰ / ₀	93 ⁰ / ₀
1914	hiver	98 ⁰ / ₀	95 ⁰ / ₀	95 ⁰ / ₀

L'été, à une immersion de 50 m. nous constatons une saturation en oxygène plus forte qu'en hiver; en outre, cette saturation est plus forte que celle des couches superficielle et profonde. Rappelons ici qu'en hiver on a noté antérieurement à ce niveau, la présence d'une eau plus salée. Cette différence de saturation en oxygène indique donc que l'été, dans la zone intermédiaire, apparaît effectivement un autre type d'eau ou de l'eau d'une autre origine que celle qui occupe la couche superficielle et la couche profonde. En outre, d'une façon générale on ne trouve pas de différence de saturation en oxygène dans la couche d'eau au voisinage du fond entre les années de salinité plus faible (1911 et 1912) et les années de salinité plus forte (1913 et 1914). Cette constatation prouve donc, sur la coupe de Palagruž également, l'absence de l'eau du type S qui, dans la zone profonde de la fosse de Jabuka est à l'origine des fluctuations notables de la teneur en oxygène, suivant les années. Mais, cependant, sur la coupe de Palagruž, en période de basse salinité (1911 et 1912) on note aussi l'été dans les eaux profondes, une saturation en oxygène plus faible que l'hiver. Il a été signalé précédemment qu'en période de plus forte salinité, on trouve l'été, dans la couche au voisinage du fond de la coupe, un mélange d'eau

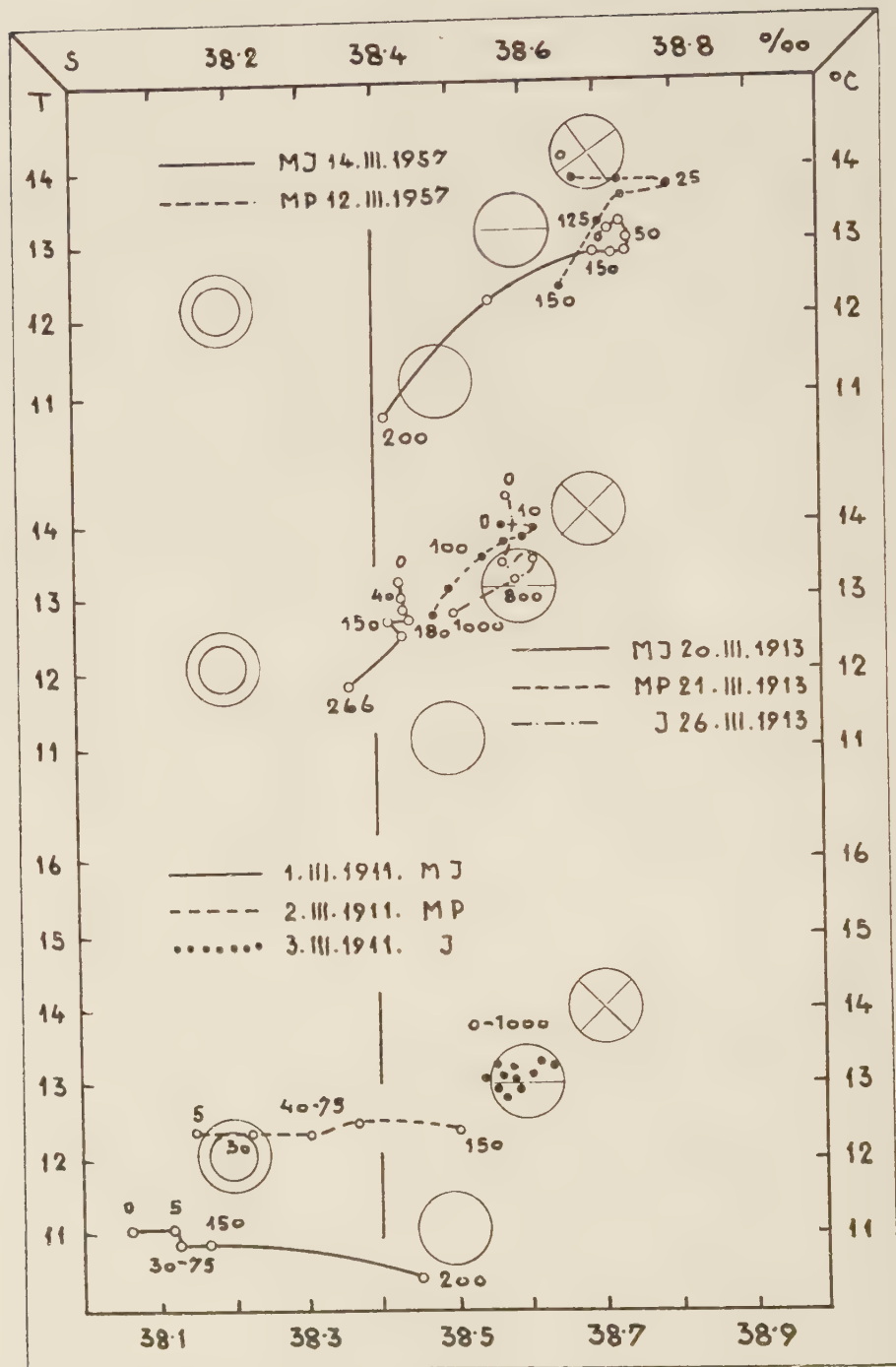


Fig. 13 Diagramme T-S pour la station A 13 de la fosse de Jabuka (M J) la station A 21 (11) de la coupe de Palagruž (M P) et la station A 28 (17) de la fosse sud-adriatique pour l'hiver de salinité plus faible (1911) et deux hivers de la période de salinité plus forte (1913 et 1957). On reconnaît l'influence de l'eau de type M (double cercle concentrique) et celle du type d'eau J (cercle barré) en 1911 et du type A (cercle barré deux fois) ainsi que celle du type d'eau S (cercle) en 1913 et 1957.

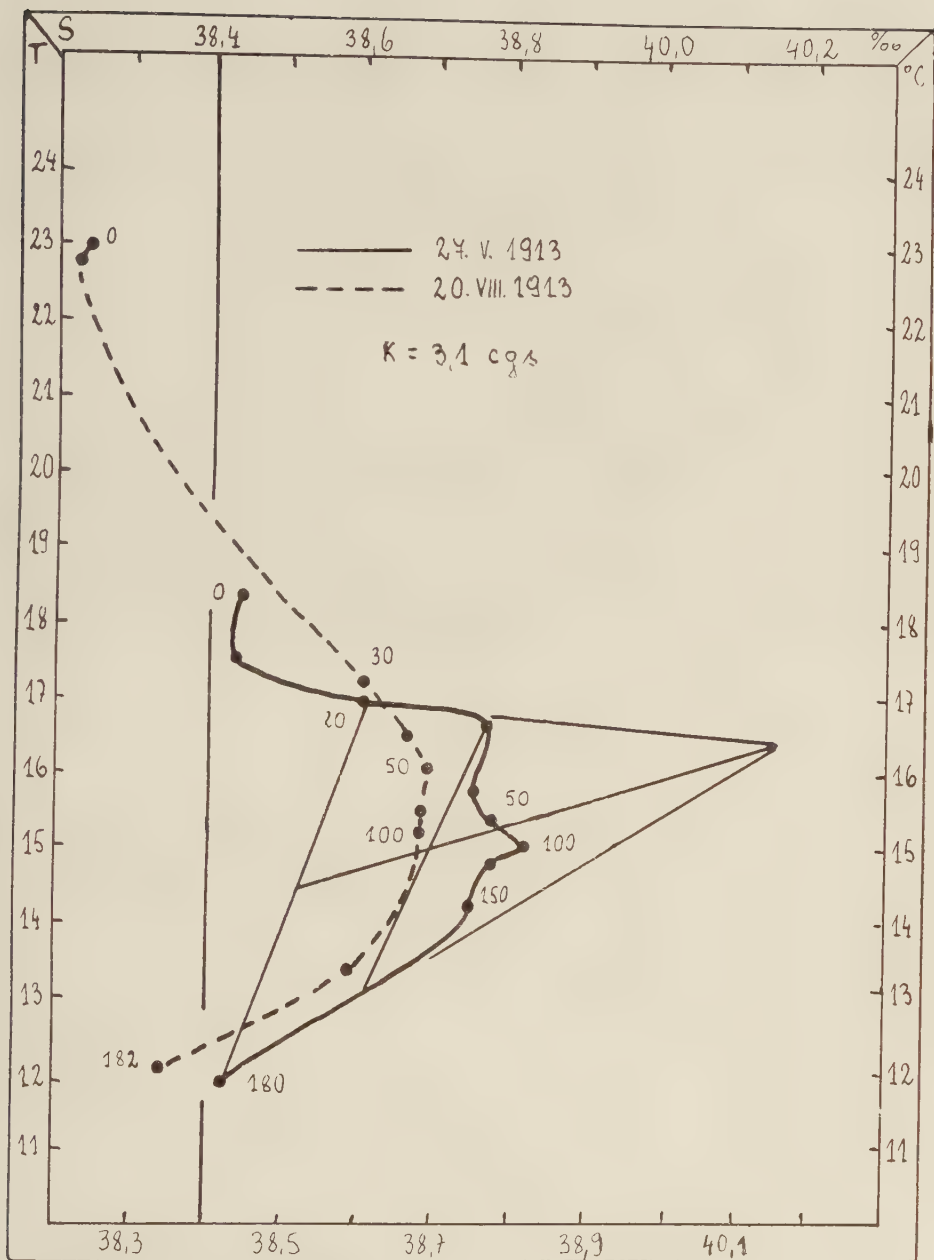


Fig. 14 A l'aide de la méthode de STOCKMAN (méthode de JACOBSEN modifiée) on a calculé les coefficients de mélange de l'eau à partir des diagrammes T-S, pour la station A 21 (11) de la coupe de Palagruž en tenant compte des changements survenus dans la couche intermédiaire, entre le printemps et l'été, en 1913. On a déterminé aussi, graphiquement, les limites de profondeur des eaux intermédiaires.

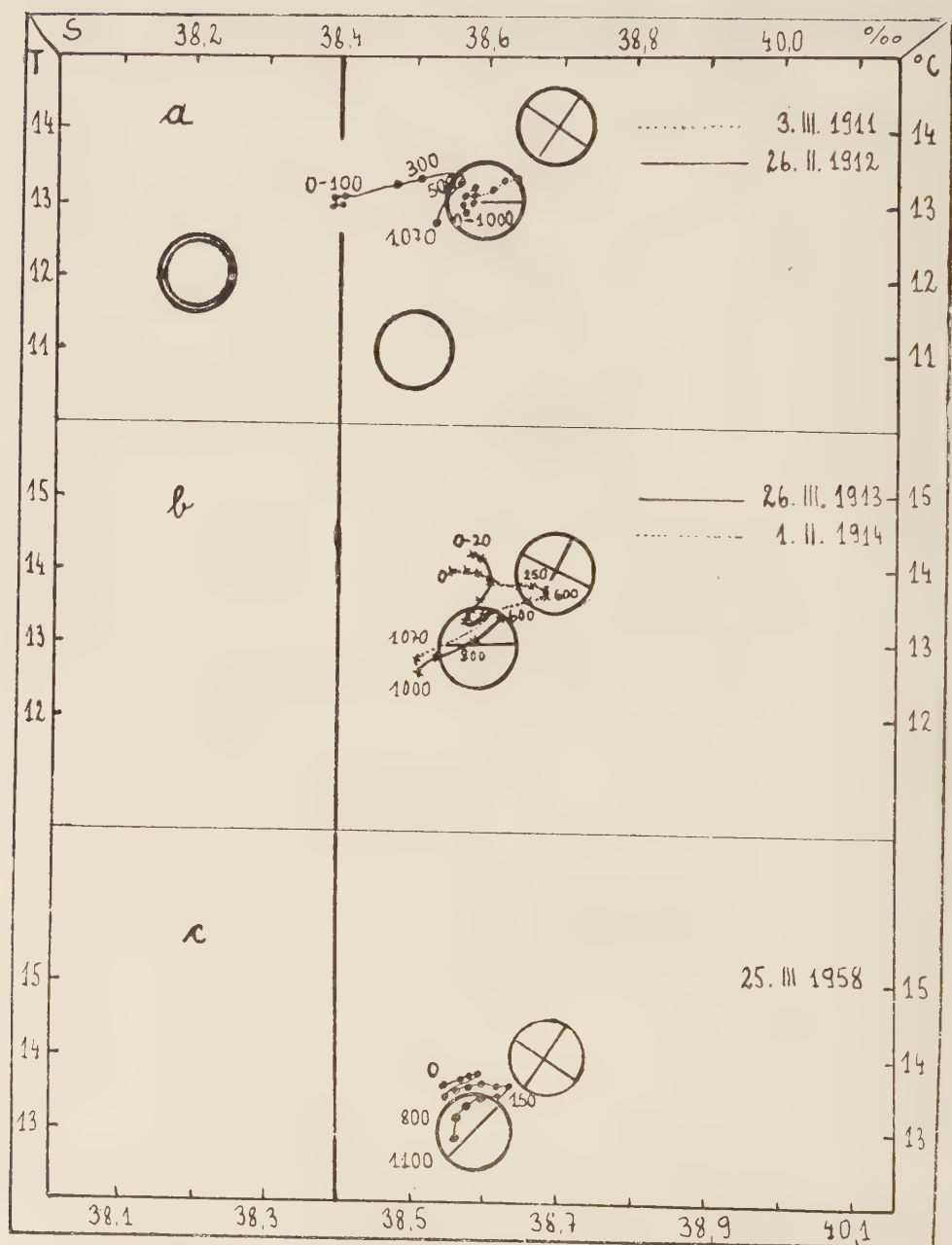


Fig. 15 Diagramme T-S pour la station A 28 (17) de la fosse sud-adriatique, pour les mois d'hiver. On remarque l'influence du type d'eau A (cercle barré deux fois) dans les couches supérieures, en période de salinité plus forte (1913 et 1914).

MS dont la saturation plus faible en oxygène prouve qu'il s'agit bien d'une eau composée, en partie, d'eau S.

Résumons donc les faits concernant les caractéristiques de l'eau de l'Adriatique moyenne. Du point de vue des caractéristiques nous distinguons deux types d'années. Les premières, de salinité plus basse, sont caractérisées en hiver, par l'apparition d'eau M dans la couche superficielle, ce qui indique un mouvement plus faible d'eau sud-adriatique vers l'Adriatique moyenne d'où réalisation des conditions propices à la formation d'eau M dans cette région. Les étés de ces mêmes années sont marqués par une pycnocline bien développée et un effet nord-adriatique renforcé dans la nappe superficielle. De l'eau J apparaît dans la zone intermédiaire.

Les années de relèvement de la salinité, on trouve en hiver, de l'eau A dans la bande intermédiaire et de l'eau S renouvelée, dans la couche au voisinage du fond, les deux étant le résultat d'une arrivée d'eau nord-adriatique et sud-adriatique. En été, au cours de telles années, la pycnocline est moins développée et les écarts verticaux de la température de l'eau plus faibles. Dans la nappe superficielle l'effet nord-adriatique est amoindri et de l'eau A apparaît dans la couche intermédiaire comme le résultat d'une arrivée plus considérable d'eau de l'Adriatique méridionale dans cette couche.

IV. CARACTÉRISTIQUES DE L'EAU SUD-ADRIATIQUE

Trois coupes ont été exécutées, dont deux dans la fosse de l'Adriatique sud (VI et VII — profondeur maxima: 1200 m. env.), et une troisième à travers le détroit d'Otrante (profondeur maxima 1100 m. environ). Des deux coupes de la fosse sud-adriatique, la coupe VII a été la plus étudiée. Une confrontation des diagrammes T-S pour les deux coupes (fig. 18 et 19) montre qu'il n'existe aucune différence entre les caractéristiques pour les deux coupes et que toutes les conclusions auxquelles on a abouti pour la coupe VI s'appliquent aussi à la fosse sud-adriatique tout entière.

a) *Hiver.*

En cette saison on trouve toujours de l'eau de type J dans la fosse adriatique méridionale ($S = 38,6\text{‰}$ — $T = 13^{\circ}\text{C}$) comme l'indique le diagramme des figures 15 et 17. Ce type d'eau a été défini lors de l'analyse des données obtenues pour l'Adriatique moyenne (chapitre III a) et les tableaux 21 et 22 montrent que la salinité a été également déterminée à partir de la salinité moyenne globale pour la coupe VI, compte tenu de toutes les saisons et de toute l'épaisseur de l'eau. Sa température a été aussi établie à partir des températures hivernales moyennes pour la même région.

Nous en concluons donc que l'eau de type J se forme en hiver dans la fosse de l'Adriatique sud et qu'elle résulte du refroidissement et d'un mélange convectif.

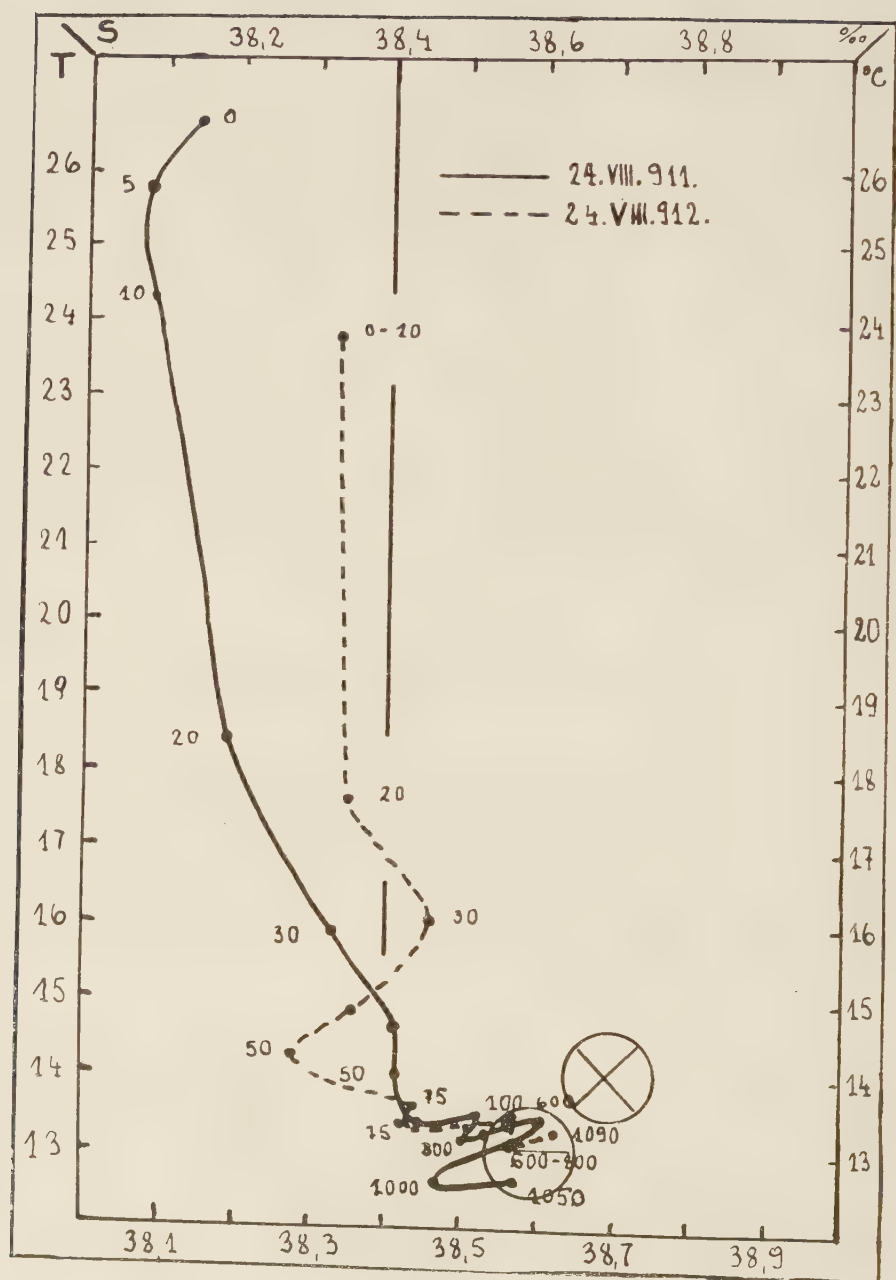


Fig. 16 a Diagramme T-S pour la stations A 28 (17) de la fosse sud-adriatique (coupe VI) pour les mois d'été. Pendant ces étés de basses salinités on observe une thermocline bien marquée et deux types d'eau seulement: superficielle et profonde.

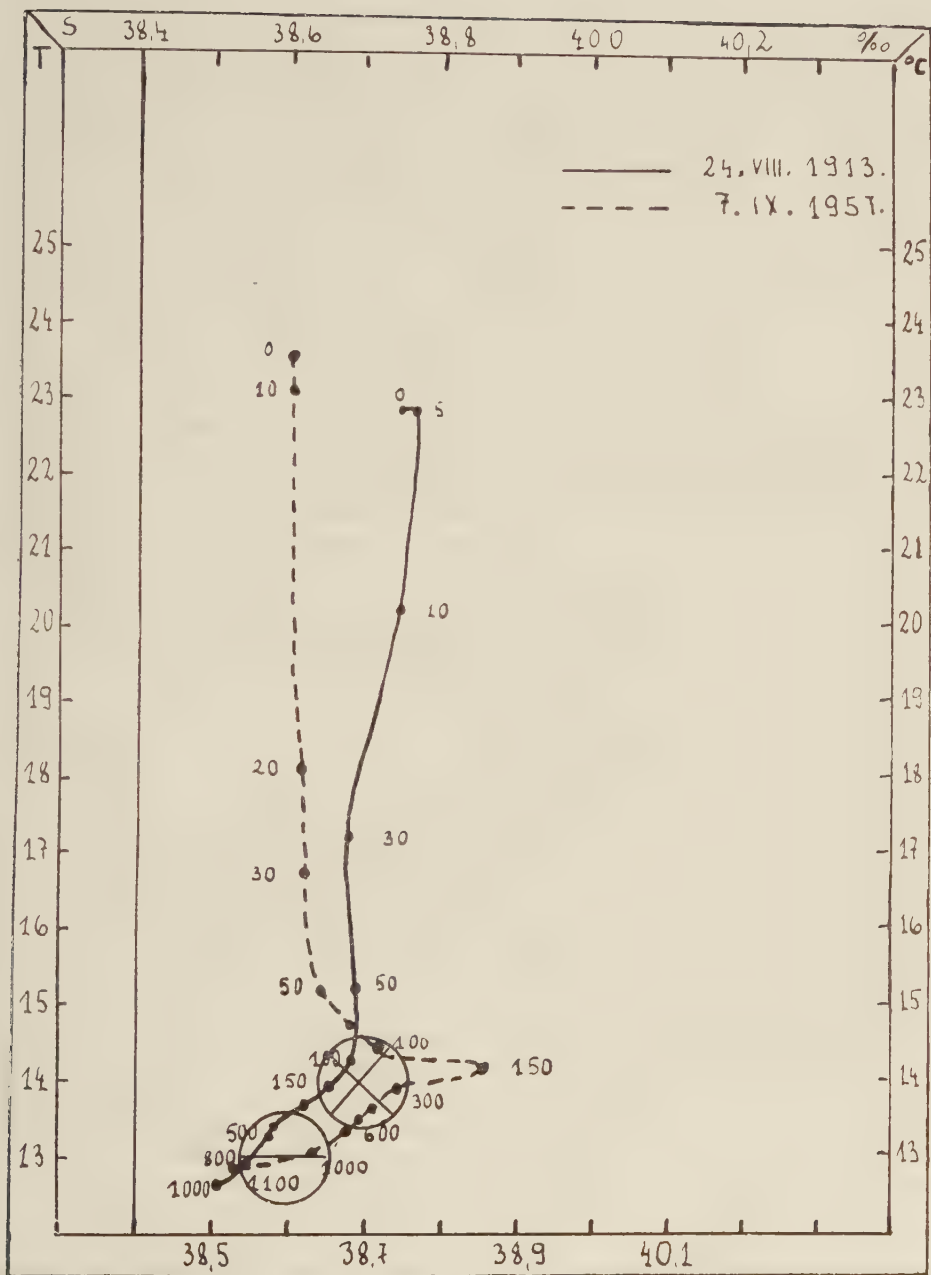


Fig. 16 b Diagramme T-S pour la station A 28 (17) de la fosse sud-adriatique (coupe VI) pour les mois d'été. De l'eau type J est présente de façon constante dans la couche d'eau avoisinant le fond (cercle barré), tandis que l'eau de la couche intermédiaire, au cours des années de salinité plus élevée (1913 et 1957) revêt les caractéristiques du type d'eau A.

Dans la fosse sud-adriatique, l'eau d'hiver est la plus mélangée de toute l'Adriatique si bien qu'il n'a même pas été possible de tracer exactement le diagramme T-S pour l'hiver, dans cette région (fig. 17), les données étant concentrées sur les valeurs $T = 13^{\circ}\text{C}$ et $S = 38,6\text{‰}$. Un mélange vertical aussi actif se produit dans cette région — contrairement à ce qui se passe ailleurs — parce que les types d'eau qui y sont représentés, de densité assez voisine, se prêtent facilement à un brassage vertical. Dans la fosse de Jabuka, par contre, l'eau S plus dense, séjournant de façon constante au voisinage du fond, un brassage vertical complet ne peut avoir lieu, bien que cette fosse soit quatre fois environ moins profonde que la fosse de l'Adriatique méridionale.

Outre l'eau de type J, on trouve aussi dans la fosse méridionale, pendant les hivers de salinité atténuée, une eau plus froide et moins salée et pendant les hivers de salinité élevée, de l'eau A plus chaude et plus salée (fig. 17). Les diagramme T-S de la figure 15 nous montrent que cette eau, plus ou moins salée, est présente dans la couche superficielle ou intermédiaire.

Dans le détroit d'Otrante l'eau A est présente de façon constante, soit dans la bande intermédiaire, soit dans la couche profonde (fig. 20): dans cette dernière, pendant les années de salinité plus faible (1912) et, dans le cas contraire, dans la couche intermédiaire. Si de l'eau A apparaît en zone intermédiaire, l'eau J est alors représentée dans la couche d'eau au voisinage du fond, et inversement. Cette distribution des types d'eau est, comme en Adriatique moyenne, en relation avec le régime déterminé de la circulation, dont nous parlerons plus loin.

En mer Ionienne (fig. 24 a) de l'eau de type A est toujours présente dans la bande intermédiaire. Pour cette raison, nous appellerons cette eau: eau intermédiaire méditerranéenne. Selon Nielsen (1912), elle se forme dans le Levant où sa salinité s'accroît sous l'action de l'intense évaporation à laquelle elle est soumise dans ces régions. D'après la carte des isothermes et des isohalines de la coupe verticale de la Méditerranée orientale, dressée par Nielsen, nous voyons comment l'eau A, au cours de son cheminement du Levant à la mer Ionienne se répand progressivement dans la couche intermédiaire. Tchernia et Lacombe (1959) ont aussi défini l'eau A (eau K, d'après ces auteurs) comme l'eau de la bande intermédiaire de la mer Ionienne.

Sur le tableau 19 sont reportées les températures et les salinités moyennes de la couche supérieure pour la fosse sud-adriatique (établies d'après des données provenant de 0, 50, 100, 150 et 200 m.). Celles-ci nous montrent que les mêmes hivers, comme en Adriatique moyenne, sauf 1958, sont caractérisées par des températures et des salinités moyennes plus élevées (par rapport aux moyennes globales). Cette règle est donc généralement valable pour établir un parallélisme entre des salinités moyennes plus fortes et des températures moyennes plus hautes. Ces valeurs moyennes de la température et de la salinité, inférieures ou égales aux valeurs-limites (moyennes globales), sont en caractères gras dans le tableau 19. Les années caractérisées par des valeurs plus élevées de la température et de la salinité dans les eaux atteignant jusqu'à 200 m. sont aussi celles pendant lesquelles apparaît en hiver, dans cette zone, de l'eau A, comme conséquence d'une arrivée plus considérable d'eau méditerranéenne.

Tableau 19

	Température (°C)	Salinité (gr. ‰)
1911	12,9	38,5
1912	13,2	38,3
1913	14,1	38,7
1914	14,3	38,6
1958	13,6	38,6
moyenne globale:	13,6	38,5

b) *Printemps.*

Dans la couche d'eau au voisinage du fond de la fosse de l'Adriatique méridionale, l'eau de type J est toujours représentée en cette saison (fig. 18). L'échauffement se propage dans la couche supérieure jusqu'à l'immersion de 200 m. Une bande intermédiaire d'eau salée de type A séjourne en permanence dans le détroit d'Otrante (fig. 21).

c) *Été.*

Dans les profondeurs de la fosse sud-adriatique — au-delà de 500 m. — de l'eau J est présente aussi en cette saison (fig. 16 a, b). La limite de profondeur de la couche profonde (eau J) se déplace d'une année à l'autre pour se rapprocher de la surface les années de basses salinités, ainsi que le montre le diagramme T-S de la fig. 16a. On observe en outre, ces années-là, une thermocline bien marquée et deux types d'eau seulement: superficielle et profonde.

En période de relèvement de la salinité (1913 et 1914) on trouve une couche intermédiaire d'eau plus salée (fig. 16 b) à une immersion variant de 50 à 500 m. environ, constituée par l'eau de type A. De plus, la température des eaux de surface est en général plus basse et la pycnocline moins accusée, comme en Adriatique moyenne, d'où variations plus faibles de température.

Dans le tableau 20 sont notées les valeurs moyennes des salinités de la couche supérieure, jusqu'à immersion de 200 m. (calculées comme pour l'hiver), ainsi que les écarts verticaux moyens de température (d'après Buljan, 1957).

Tableau 20

	Écart moyen de la température (°C)	Salinités moyennes (gr. ‰)
1911	12,4	38,4
1912	11,0	38,4
1913	10,3	38,6
moyenne globale:	11,2	38,5

Il ressort de ce tableau, que dans la couche supérieure des salinités plus basses correspondent à de plus grandes variations de températures (valeurs en

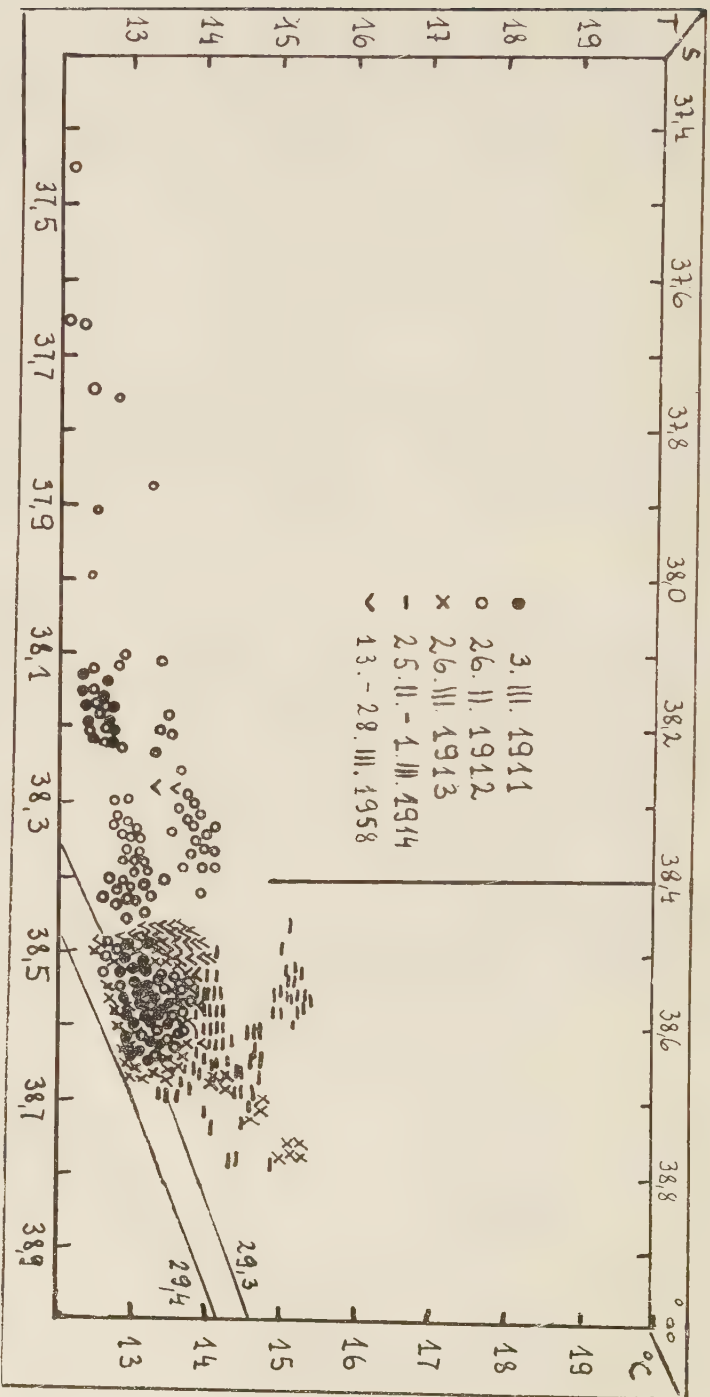


Fig. 17

Diagramme T-S de la coupe VI (fosse sud-adriatique) pour les mois d'hiver. Le diagramme n'est pas absolument exact, les données étant encore tellement concentrées sur les valeurs $T = 13^{\circ}\text{C}$ et $S = 38,6\text{‰}$ (type d'eau J) qu'il est impossible de les faire figurer à leur vraie place. L'eau de type J apparaît tous les ans. Durant les années de salinités plus basses (1911, 1912) à côté de l'eau de type J, on en trouve une autre plus froide et moins salée et, durant les années de salinités plus élevées (1913 et 1914), c'est une eau plus salée et plus chaude qui apparaît (type A).

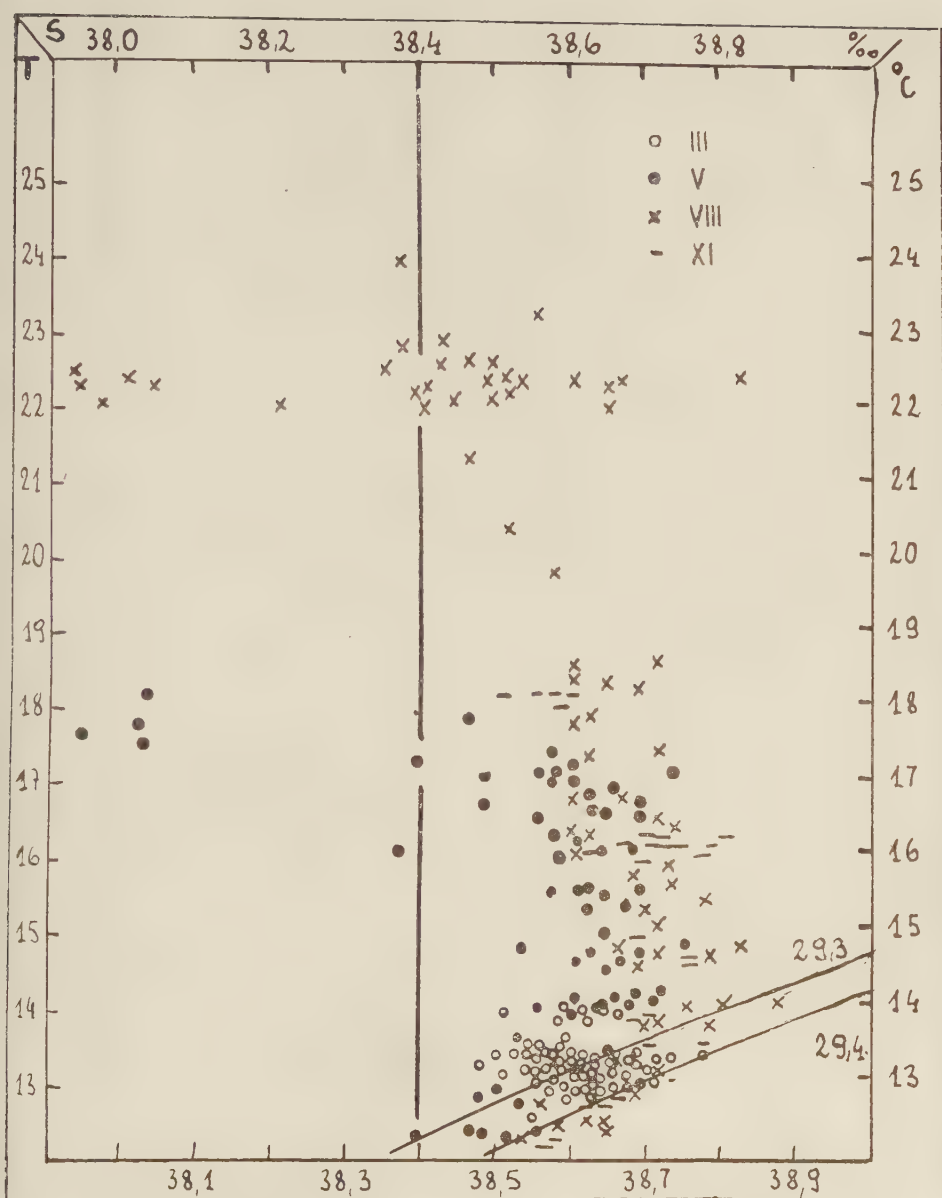


Fig. 18 Diagramme T-S de la coupe VI (fosse sud-adriatique) pour les quatre saisons de l'année 1913.

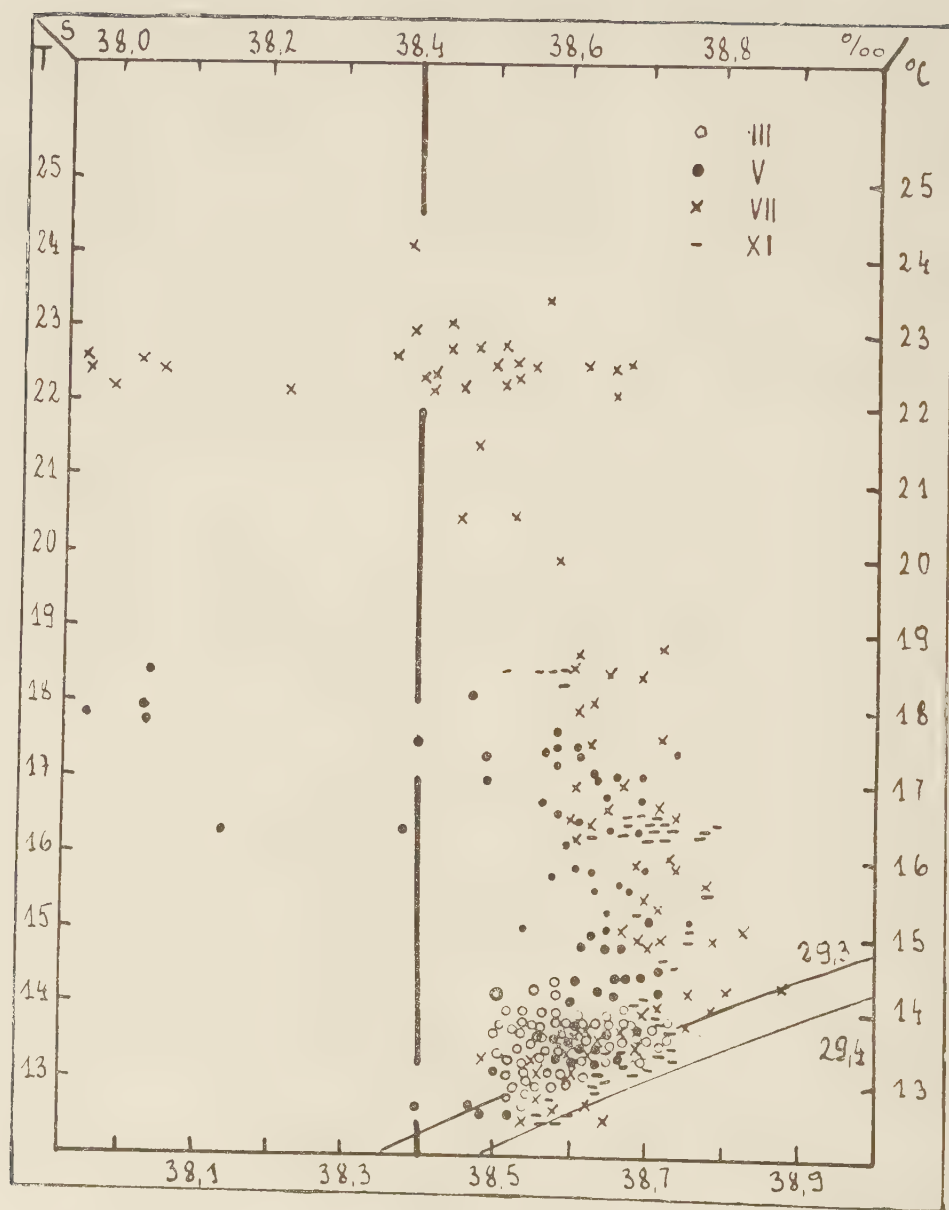


Fig. 19 Diagramme T-S de la coupe V pour les quatre saisons de l'année 1913.

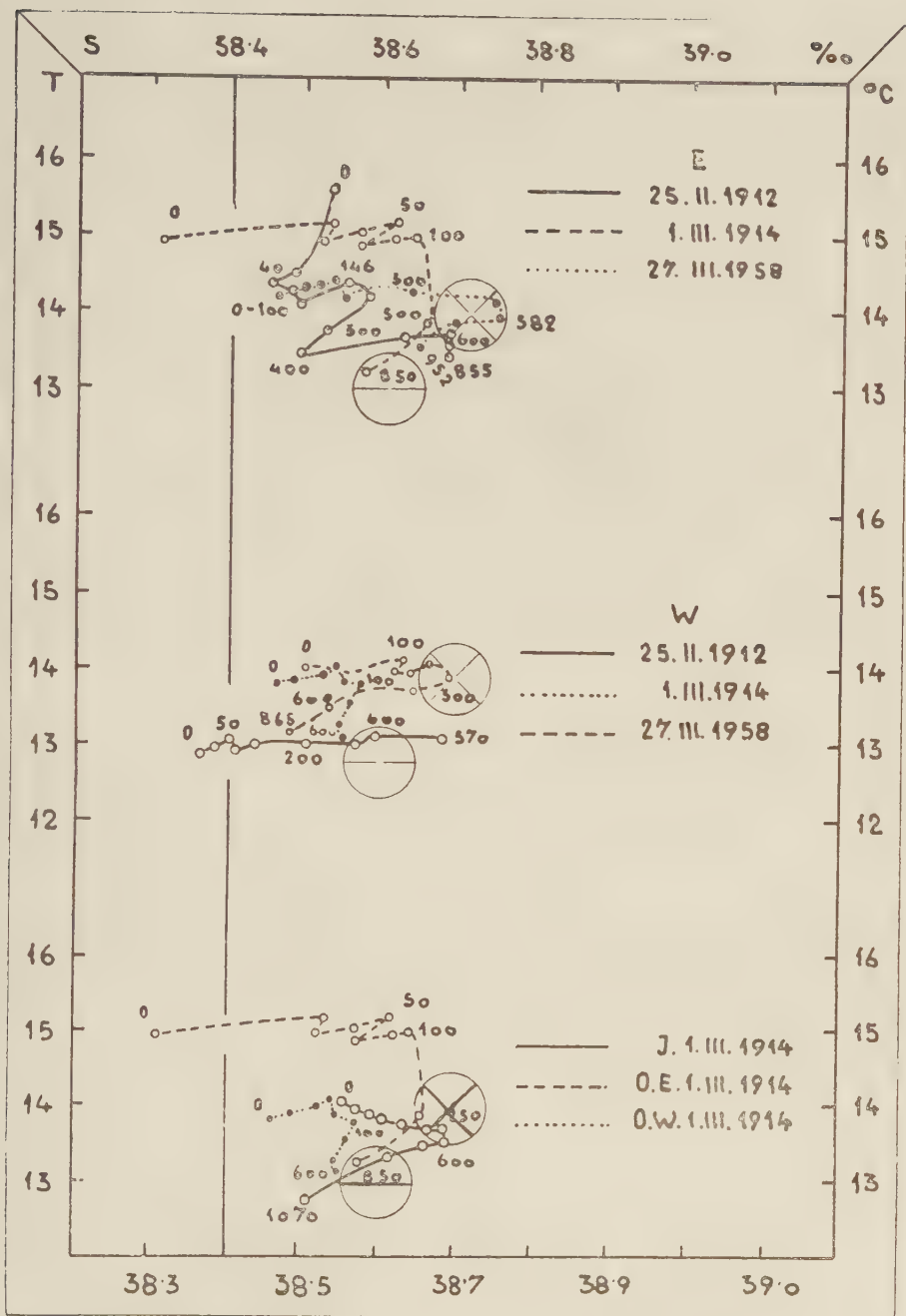


Fig. 20 Diagramme T-S pour la partie est E (stations A 34 et 19), et ouest W (stations A 36 et 20) du détroit d'Otrante, pour les mois d'hiver. Sur le troisième dessin se trouvent aussi les diagrammes de l'Adriatique sud (J) ainsi que ceux de la partie est (O. E.) et ouest (O. W.) du détroit d'Otrante. De l'eau A y est présente de façon constante (cercle barré deux fois).

caractères gras). Cette règle établie pour l'Adriatique moyenne est valable également pour l'Adriatique sud, seules les valeurs-limites moyennes globales diffèrent; elles sont légèrement plus élevées en Adriatique méridionale.

Dans le détroit d'Otrante, et en été aussi, l'eau A est toujours présente (fig. 22). En 1912, caractérisée par ses faibles salinités, on a décelé l'influence de l'eau J dans la couche d'eau au voisinage du fond.

Sur le diagramme (fig. 24 b, c) on voit que la salinité des eaux intermédiaires de la mer Ionienne varie suivant les années, celle de l'eau A variera donc également. C'est ainsi par exemple, que l'année où l'effet méditerranéen s'est fait le moins sentir en Adriatique (1910—1911) la salinité en mer Ionienne a été plus faible que l'année où cet effet a été plus sensible en mer Adriatique (1956). 1910 et 1911 ont été considérées comme presque identiques quant à la salinité — d'après les données de de Marchi pour 1910.

La forme des diagrammes T-S de la couche superficielle en mer Ionienne n'est pas la même qu'en Adriatique (fig. 22 et 24). Au-delà de 150 m. on trouve une couche appelée intermédiaire dans la mer Ionienne. On constate la similitude des diagrammes de la mer Ionienne et de l'Adriatique sud à une immersion de plus de 150 m., c'est-à-dire dans la bande intermédiaire, en période de salinité plus élevée (1956—1957). Ceci plaide évidemment en faveur de l'affirmation que la caractéristique de cette période est justement l'influence de l'eau méditerranéenne sur la couche intermédiaire de l'Adriatique.

d) Automne.

En cette saison aussi, l'eau J est présente dans la couche profonde de la fosse sud-adriatique (fig. 18).

D'après les caractéristiques de la couche supérieure, on différencie nettement les années de salinité supérieure et inférieure, comme pendant les autres saisons.

En période de salinité atténuée (1911 et 1912) on trouve de l'eau J dans la couche avoisinant le fond du détroit d'Otrante (fig. 23). Les autres années on ne décele pas l'effet de l'eau J, tandis que de l'eau A apparaît dans la bande intermédiaire et dans la couche au voisinage du fond. Le refroidissement de la mer à l'arrière-saison provoque une certaine instabilité qui se traduit par l'alternance de bandes d'eau plus et moins salée.

e) *Caractéristiques générales de l'eau sud-adriatique et leurs fluctuations annuelles.*

L'eau de type J dont la source est la fosse de l'Adriatique méridionale est présente de façon constante dans la couche au voisinage du fond de ce bassin. En période de relèvement de la salinité, on trouve de l'eau A (fig. 15 b et 16 b) dans la couche intermédiaire. La présence de cette eau est liée à une thermocline moins développée en été et à des écarts moyens verticaux de température plus faibles. En période de salinité atténuée on ne trouve pas d'eau A dans la fosse sud-adriatique, mais en hiver une eau moins salée et plus froide apparaît dans la nappe superficielle et en été, une eau moins salée et plus chaude (par rapport à l'eau J) d'où thermocline plus développée et écarts plus grands de température. Pas d'eau S en Adriatique méridionale.

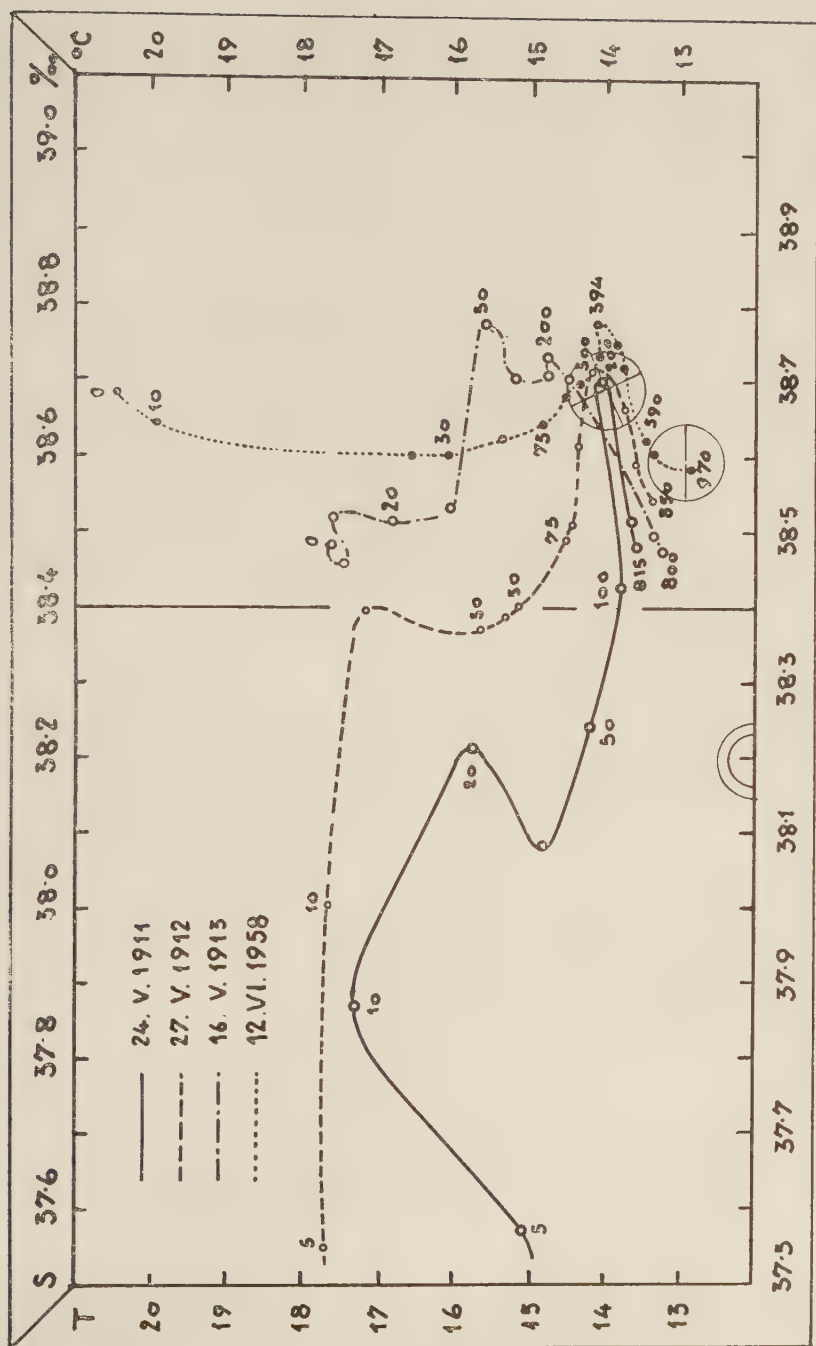


Fig. 21 Diagramme T-S pour la partie est du détroit d'Otrante (stations T 52, A 34, T 1, 19) pour les mois de printemps. De l'eau A est présente de façon constante dans la couche intermédiaire.

Sur le tableau 21 sont reportées les valeurs moyennes des salinités saisonnières pour les années sur lesquelles nous avons des renseignements concernant la fosse sud-adriatique, séparément pour la couche d'eau jusqu'à 200 m. et pour toute l'épaisseur de l'eau (sondages effectués à 0, 200, 400, 600, 800, 1000 m. et près du fond).

Tableau 21

		couche supérieure		= couche sup.					
		épaisseur totale de l'eau		= épais. totale					
		Hiver (25. 2. — 28. 3.)		Printemps (23. 5. — 18. 6.)		Été (23. 8. — 8. 9.)		Automne (23. 11. — 27. 12.)	
		couche sup.	épais. totale	couche sup.	épais. totale	couche sup.	épais. totale	couche sup.	épais. totale
1911	{	38,5	38,6	38,4	38,5	38,4	38,5	38,2	38,4
1912	{	38,3	38,5	38,2	38,4	38,4	38,6	—	—
1913	{	38,7	38,6	38,6	38,6	38,6	38,6	38,7	38,6
1914	{	38,6	38,6	—	—	—	—	—	—
1957	{	—	—	38,5	38,5	38,7	38,6	38,8	38,8
1958	{	38,6	38,6	38,6	38,6	—	—	38,6	38,6
Moyenne globale:		38,54	38,58	38,46	38,52	38,52	38,58	38,58	38,60

Moyenne globale générale pour l'épaisseur totale de l'eau: 38,56‰
Moyenne globale générale pour la couche d'eau de 0 à 200 m.: 38,52‰

La salinité moyenne de la couche inférieure jusqu'à immersion de 200 m. est un peu plus basse. L'eau de l'Adriatique sud est, en général, plus salée que celle de l'Adriatique moyenne, fait qui traduit un effet méditerranéen plus intense dans le sud de l'Adriatique.

Dans la couche supérieure, les fluctuations de la salinité sont semblables à celles de l'Adriatique moyenne. Mais si on prend en compte l'épaisseur totale du fluide, ces fluctuations disparaissent par suite, évidemment, de la présence durable d'eau de type J en Adriatique méridionale. Celle-ci représente la masse d'eau la plus largement répartie horizontalement et verticalement dans cette mer, et on la trouve également dans la couche au voisinage du fond en Méditerranée orientale (P o l l a k, 1951). En Adriatique sud, de même qu'en Adriatique moyenne, la salinité moyenne est minima au printemps, et maxima en automne.

Les salinités globales moyennes, pour l'été et l'hiver, se rapprochent de la moyenne générale pour toutes les saisons.

Sur le tableau 22 figurent les températures moyennes de l'eau dans la couche supérieure et dans toute l'épaisseur du fluide, pour toutes les saisons, dans la fosse sud-adriatique. Les moyennes ont été établies aux mêmes niveaux que les salinités moyennes.

Tableau 22

couche supérieure = couche sup.
épaisseur totale de l'eau = épais. totale

	Hiver (25. 2. — 28. 3.)		Printemps (23. 5. — 18. 6.)		Été (23. 8. — 8. 9.)		Automne (23. 11. — 27. 12.)	
	couche sup.	épais. totale	couche sup.	épais. totale	couche sup.	épais. totale	couche sup.	épais. totale
1911	{ 12,9	13,0	13,9	13,7	16,6	16,1	14,2	13,8
1912	{ 13,2	13,1	14,6	14,2	16,2	15,4	—	—
1913	{ 14,1	13,7	15,2	14,1	16,5	15,4	15,6	14,2
1914	{ 14,3	13,1	—	—	—	—	—	—
1957	{ —	—	16,1	15,4	16,1	15,8	14,9	14,2
1958	{ 13,6	13,4	15,3	15,0	—	—	14,7	14,0
Moyenne globale:	13,6	13,3	15,0	14,5	16,3	15,6	14,8	14,0

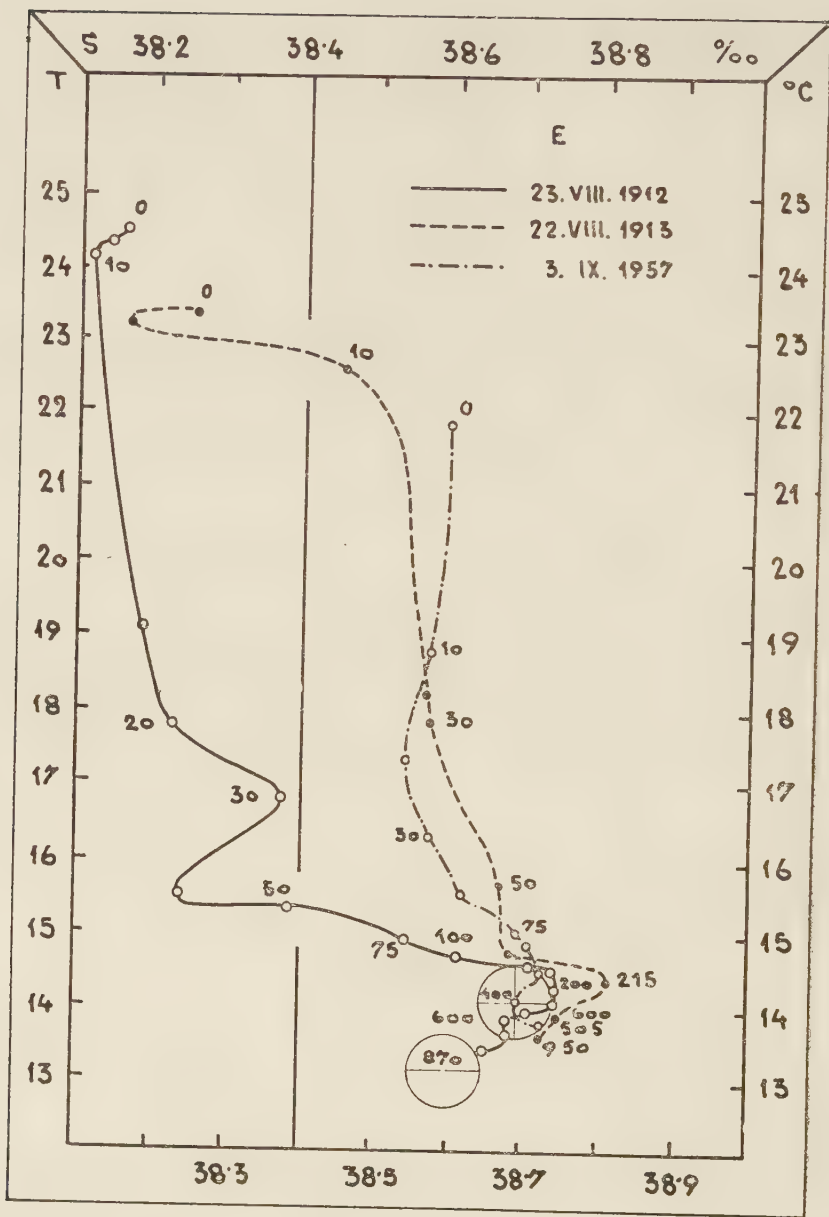


Fig. 22 Diagramme T-S pour la partie est — E — (stations A 34, T 54, 19) du détroit d'Otrante pour les mois d'été. L'influence de l'eau J dans la couche d'eau au voisinage du fond, se fait plus fortement sentir en période de faible salinité en Adriatique (1912).

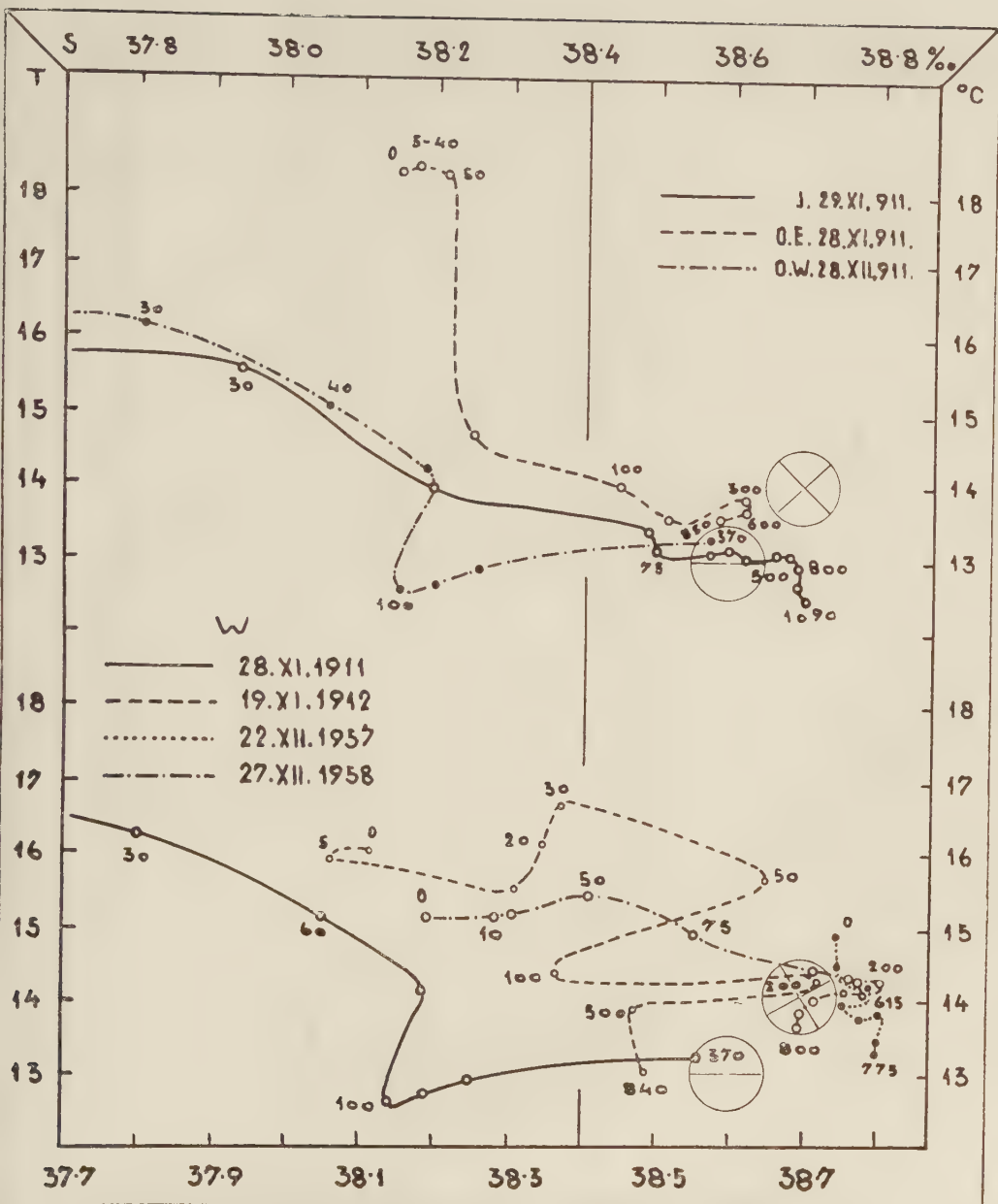


Fig. 23 Diagramme T-S pour la partie ouest — W — (station A 36, T 6, 20) et est — O. E. — (station A 34) du détroit d'Otrante et de la fosse sud-adriatique (J) (station A 28) pour les mois d'automne.

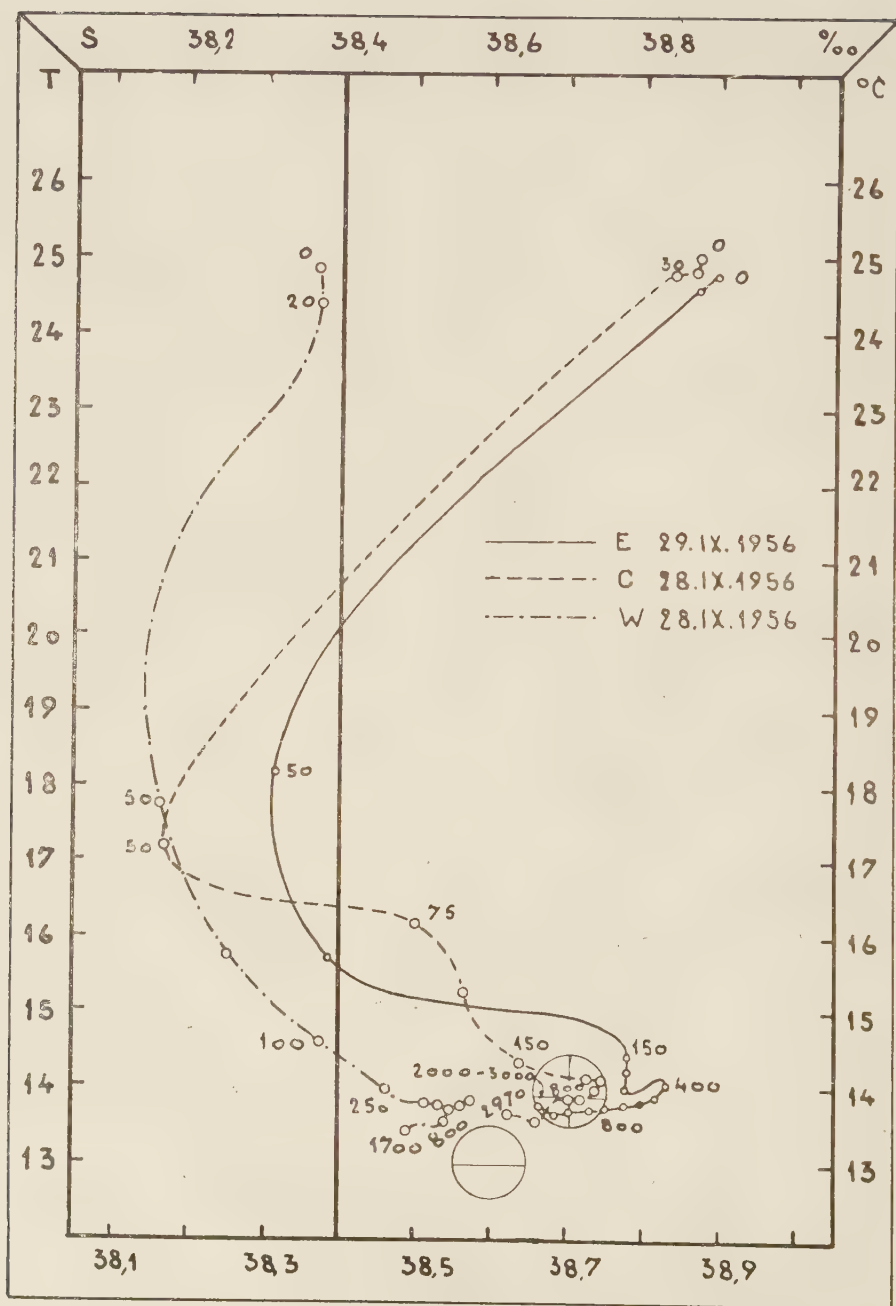


Fig. 24 a Diagramme T-S pour les points est, E (station 127), centrale, C (station 126) et ouest, W (station 124) de la coupe en mer Ionienne.

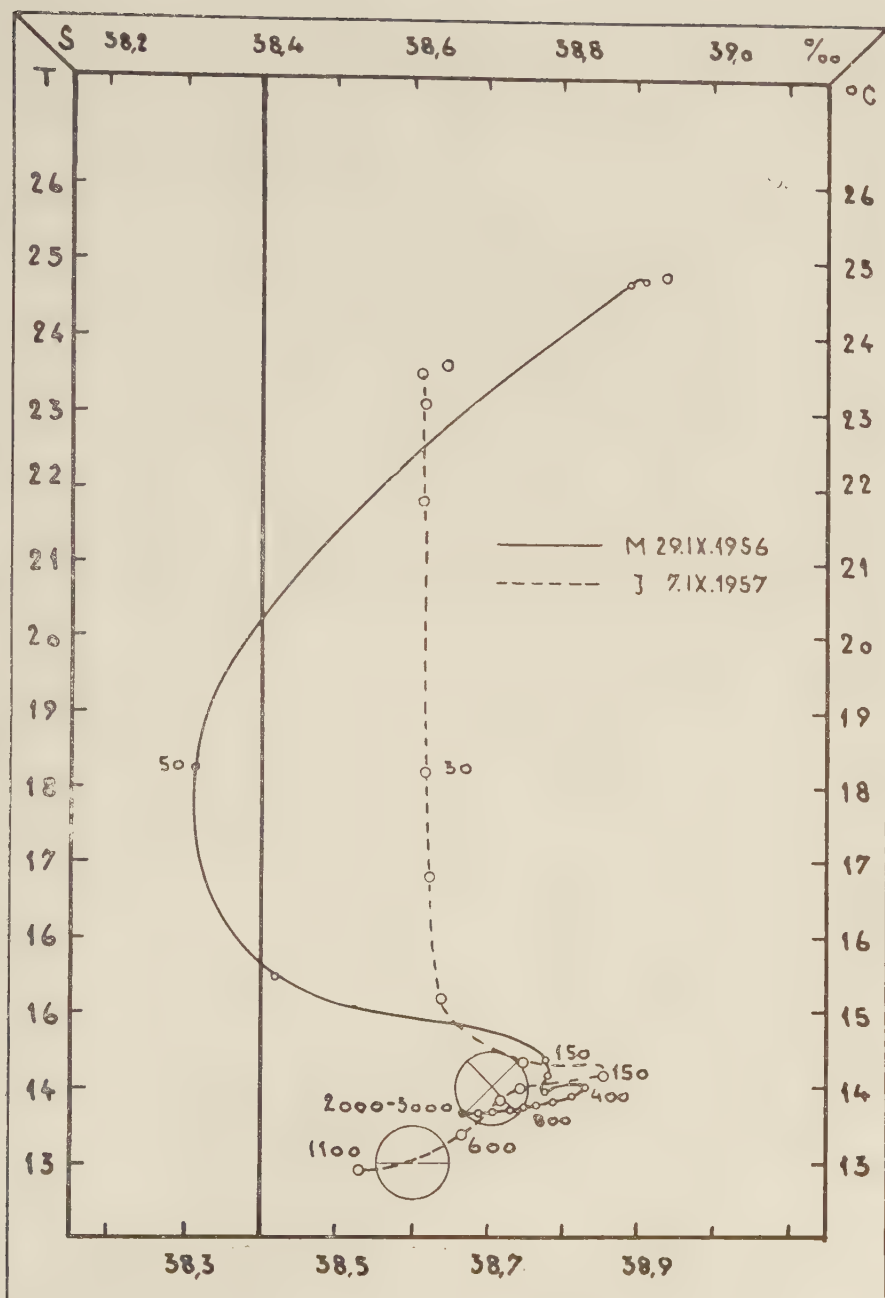


Fig. 24 b Diagramme T-S pour la station 17 de la fosse sud-adriatique (J) et la station 186 de la mer Ionienne pour l'été (M).

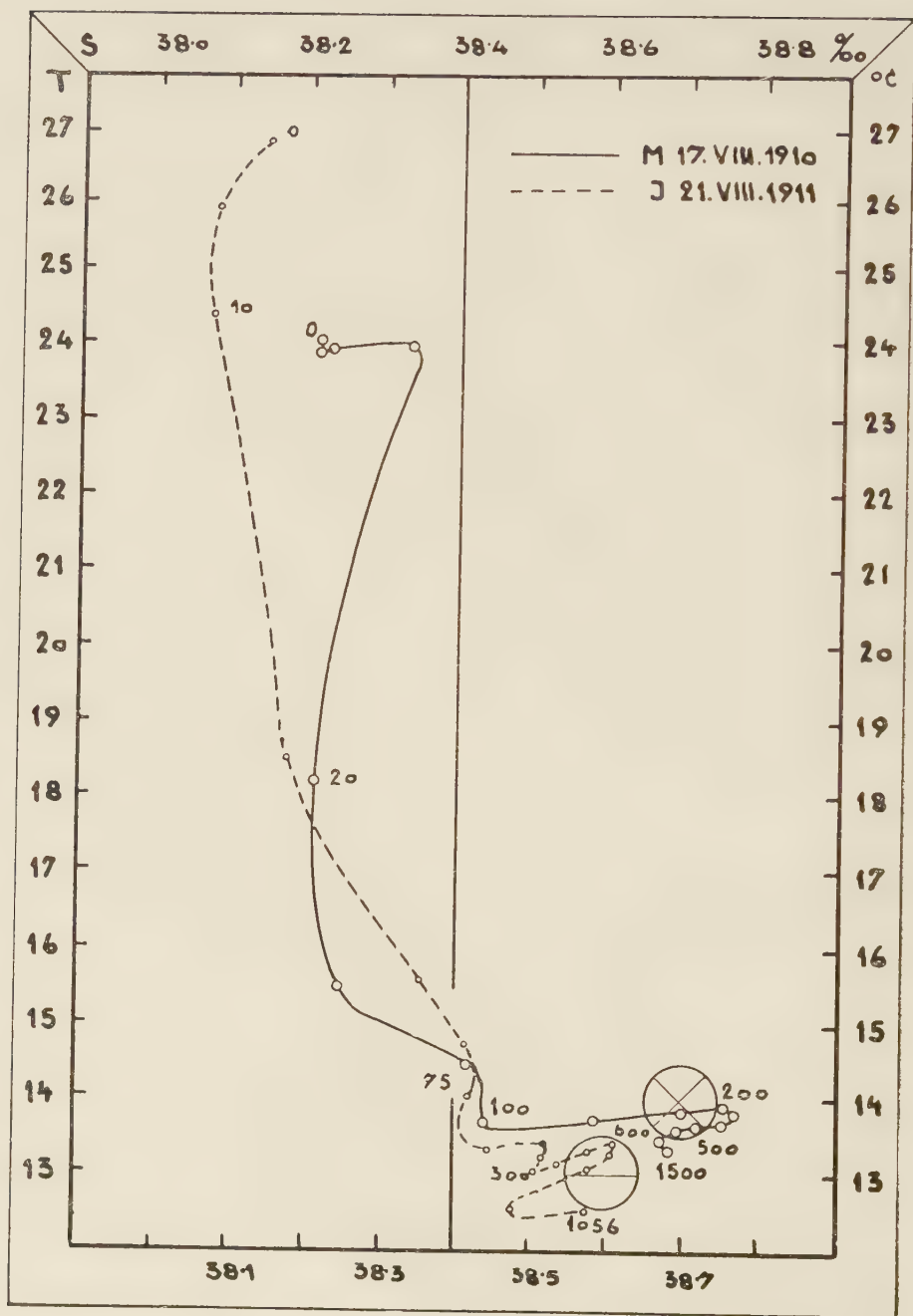


Fig. 24 c Diagramme T-S pour la station A 28 de la fosse sud-adriatique (J) et la station 127 de la mer Ionienne (M).

Considérant l'épaisseur totale de la couche d'eau nous voyons que les températures moyennes varient relativement peu d'une année à l'autre, en hiver et en automne surtout. Mais cependant durant les années de salinité plus élevée, apparaissent dans la couche supérieure, en toutes saisons, sauf en été, des températures moyennes plus hautes qui s'abaissent les années où la salinité de l'Adriatique diminue.

D'autre part, au cours des années de salinité plus forte des eaux adriatiques, les températures moyennes de la couche supérieure sont plus élevées que celles de l'épaisseur totale de l'eau; mais elles s'abaissent parallèlement à une baisse de la salinité dans cette mer. Les caractéristiques de l'eau J apparaissent donc, de toute évidence, comme une résultante du mélange de tous les types d'eau représentés en Adriatique méridionale.

Une confrontation des valeurs des moyennes globales de la température de l'eau de la couche supérieure et de celles de toute la colonne d'eau nous montre, qu'en toutes saisons, la couche supérieure est légèrement plus chaude que la colonne d'eau toute entière. La différence de température, si nous considérons toutes les saisons, est de l'ordre de $0,7^{\circ}\text{C}$. Il est intéressant de constater que, même en hiver, la température de la couche supérieure — d'après les moyennes globales — est un peu plus haute que celle de toute la colonne d'eau ($0,3^{\circ}\text{C}$). Nous ne donnons pas ceci comme absolument sûr, les données ayant été probablement basées sur des observations faites pendant trop peu d'années.

La couche d'eau supérieure, jusqu'à immersion de 200 m. en Adriatique méridionale est en général plus chaude et moins salée que la colonne d'eau toute entière.

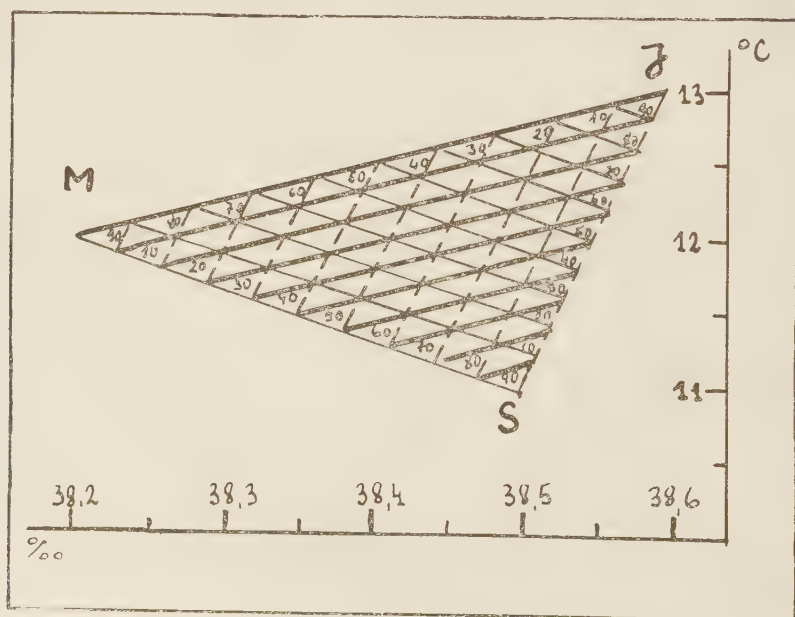
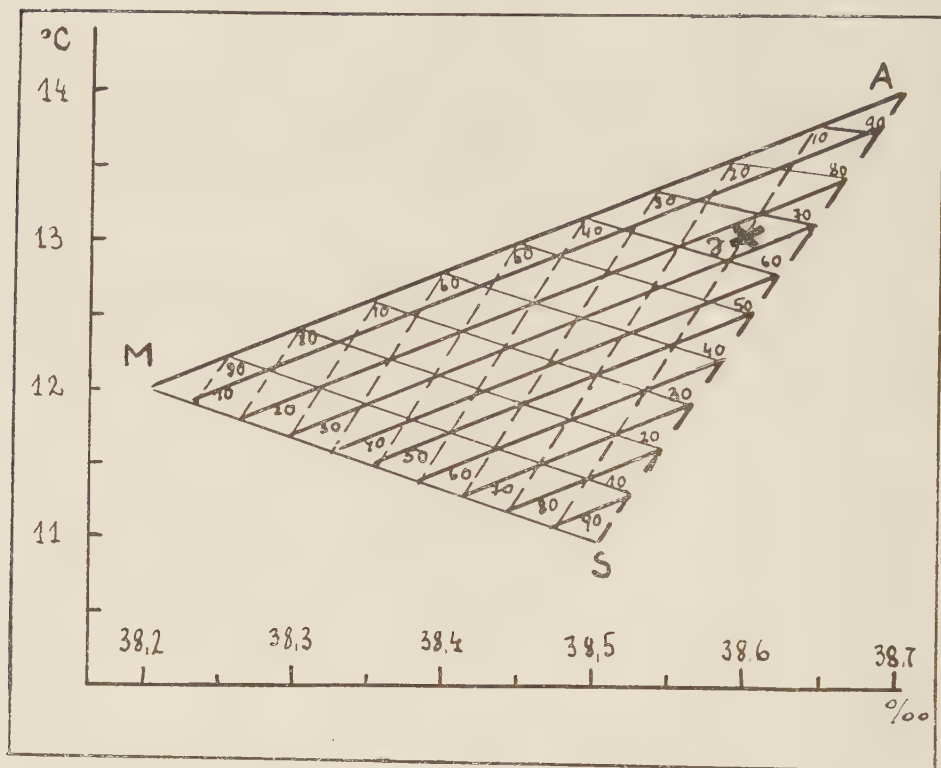


Fig. 25 Diagrammes de mélange pour le calcul du pourcentage de participation des trois types d'eau identifiés apparaissant en Adriatique, pendant des périodes déterminées: a) le diagramme pour les types d'eau A, S et M
b) le diagramme pour les types d'eau J, S et M

V. TYPES D'EAU ADRIATIQUE ET LEUR DISTRIBUTION

Quatre types d'eau au total, ont été définis en Adriatique. Trois sont franchement adriatiques et se forment en hiver, en Adriatique nord (S), moyenne (M) et sud (J); le quatrième (A) est méditerranéen.

a) *Type d'eau S.*

Ses caractéristiques sont $T = 11^{\circ}\text{C}$ et $S = 38,5\text{‰}$. Cette eau se forme l'hiver dans le nord de l'Adriatique, en période de salinité plus élevée et, principalement, le long de la côte orientale de cette région. Durant ces périodes d'hiver caractérisées par des apports d'eau plus intenses, l'eau S plonge dans la couche profonde de la fosse de Jabuka où elle séjourne longtemps sans se renouveler chaque année, ce qui est confirmé par sa faible saturation en oxygène, les hivers où les apports d'eau sont moindres (tableau 10). On ne la trouve pas à l'état pur dans les zones situées au sud de la fosse de Jabuka. Sur la coupe de Palagruž, elle fait des apparitions sporadiques sous forme du mélange MS (fig. 9 b). Au sud de la coupe de Palagruž elle n'apparaît plus du tout, bien qu'elle agisse sur la formation des caractéristiques de l'eau sud-adriatique. L'eau S est aussi la plus dense des eaux adriatiques ($\sigma_t = 29,4$). Même l'eau très salée apparaissant exceptionnellement en Adriatique méridionale est un peu moins dense que l'eau S. Cette densité relativement élevée de l'eau S la maintient toute l'année (quand elle ne se renouvelle pas) dans la fosse de Jabuka; même en hiver elle ne se mélange pas avec les eaux des couches supérieures.

b) *Type d'eau M.*

Ses caractéristiques sont: $T = 12^{\circ}\text{C}$ et $S = 38,2\text{‰}$. Cette eau se forme l'hiver en Adriatique moyenne en période de salinité plus basse, c'est-à-dire les années où l'arrivée d'eau sud-adriatique en Adriatique moyenne est moindre (chapitre III a). La faible arrivée d'eau salée sud-adriatique est à l'origine de la salinité relativement basse de l'eau M, inférieure à celles de toutes les autres eaux définies.

Dans la couche au voisinage du fond de la fosse de Jabuka stagne de l'eau S avec laquelle l'eau M, plus légère, ne peut se mélanger. Cette dernière se forme l'hiver par refroidissement et mélange convectif. Durant les autres saisons de salinité atténuée, elle s'intercale entre l'eau profonde S et l'eau J dans la zone intermédiaire (fig. 6 pour 20. 8. 1911). Nous trouvons aussi de l'eau M, mélangée jusqu'à un certain point à de l'eau J, dans la nappe superficielle de l'Adriatique méridionale, pendant les hivers caractérisés par des eaux peu salées (fig. 17).

La présence de l'eau M en Adriatique, comme eau typique de la période de salinité atténuée, est le signe certain qu'il s'agit d'un type particulier d'année, caractérisé par la diminution de l'apport d'eau méditerranéenne plus salée en Adriatique.

c) Type d' eau J.

Ses caractéristiques sont: $T = 13^{\circ}\text{C}$ et $S = 38,6\text{‰}$. Elle se forme l'hiver en Adriatique méridionale, ou plus exactement dans la fosse sud-adriatique, les années de salinité plus faible, par refroidissement et mélange convectif des eaux de la colonne tout entière (fig. 18). Si on admet que l'eau J résulte du mélange des eaux M, S et A, nous pouvons, d'après le diagramme des mélanges (fig. 25 a — l'eau J est marquée par une croix) établir le pourcentage de participation de chacun des types d'eau mentionnés à la formation de l'eau J. Cette supposition est justifiable, étant donné que les eaux S, M et A apparaissent, au moins de façon intermittente, dans la fosse sud-adriatique, c'est-à-dire dans le lieu d'origine de l'eau J. Le diagramme nous montre que dans la formation de l'eau J, entrent de l'eau A, dans une proportion de 63%, de l'eau M, 11% et de l'eau S, 26%. Il ressort donc que la quantité d'eau méditerranéenne dans le mélange est de 26% plus forte que celle de l'eau adriatique ce qui est vraisemblable étant donné le volume occupé par l'eau A les années où elle se répand en Adriatique (fig. 29 et 31). Le rapport des proportions d'eau M et S dans l'eau J est, lui aussi convaincant, les eaux S et J étant beaucoup plus proches quant à leur densité. L'eau M, notablement plus légère, à cause de sa faible salinité, s'écoulera plus difficilement dans la fosse sud-adriatique.

L'eau J est représentée de façon constante dans la couche au voisinage du fond de la fosse sud-adriatique (fig. 18), de même que l'eau S dans la fosse de Jabuka. Nous trouvons aussi de l'eau J dans la couche profonde du détroit d'Otrante, durant les étés de salinité inférieure et les hivers de salinité supérieure. Elle apparaît dans la bande intermédiaire de l'Adriatique moyenne pendant les étés de faibles salinités (fig. 12 a).

Cette eau en s'écoulant sur le seuil d'Otrante s'enfonce en mer Ionienne en raison de sa densité élevée ($\sigma_t = 29,20$) et devient par mélange, partie intégrante de l'eau profonde de la Méditerranée orientale (fig. 24 a) laquelle, par le détroit de Sicile, sort en Méditerranée occidentale où elle devient l'eau intermédiaire qui, dans la région nord du bassin occidental, devient elle-même l'un des composants de l'eau de fond de ce bassin (Nielsen 1912, Tchernia 1960, Lacombe et Tchernia 1960). L'influence de l'Adriatique se fait donc sentir dans tout le bassin méditerranéen.

d) Type d' eau A.

L'eau A dont les caractéristiques sont: $T = 14^{\circ}\text{C}$ et $S = 38,7\text{‰}$ est la plus salée et la plus chaude de tous les types d'eau définis. Nous avons vu précédemment qu'elle caractérise la couche intermédiaire de la mer Ionienne et qu'elle est originaire du Levant. Elle est toujours présente dans le détroit d'Otrante, plus nettement représentée en hiver dans la partie orientale (fig. 20).

En période de salinité atténuée, on ne la retrouve nulle part en Adriatique, sauf dans le détroit d'Otrante, tandis qu'en période de relèvement de la salinité, elle est présente en toutes saisons dans la majeure partie de cette mer. En saison d'hiver elle envahit l'Adriatique méridionale et moyenne, sauf la couche au voisinage du fond des fosses de Jabuka et de l'Adriatique sud. Au

printemps, en été et en automne, elle se répand dans la couche intermédiaire de l'Adriatique moyenne et méridionale (fig. 29 et 31). En Adriatique septentrionale, on ne la trouve que mélangée.

Les années de salinité plus élevée sont donc liées à l'apparition de l'eau A en Adriatique. Il convient de remarquer ici que certaines années ne peuvent être classées, ni parmi les années de salinité supérieure, ni parmi celles de salinité inférieure: nous les appellerons années de salinité intermédiaire. Celles-ci, en fonction de la région ou de la saison appartiennent à l'une ou à l'autre des périodes de salinité: 1953 par exemple (tableau 17) présente en hiver les caractéristiques de la période de basse salinité; pendant les autres saisons c'est le contraire qui se produit, bien qu'en été 1953, elle se comporte comme une année moins salée, en ce qui concerne la température.

Il en est de même pour 1958 qui, en toutes saisons, se comporte en Adriatique moyenne comme une année de faible salinité (tableau 17) et en Adriatique méridionale c'est l'inverse qui se produit. Au cours des années intermédiaires l'eau A est représentée en Adriatique méridionale et sur la coupe de Palagruž, mais le plus fréquemment dans la couche profonde.

Les caractéristiques de l'eau intermédiaire de la mer Ionienne sont soumises, suivant les années, à certaines modifications (fig. 24 b, c). L'eau de cette zone étant de l'eau A, les caractéristiques de celle-ci varient donc aussi suivant les années. Quand l'eau A entre en contact avec l'eau adriatique, les années où l'ingression de cette eau méditerranéenne est plus considérable, ses caractéristiques changent au fur et à mesure qu'elle se déplace du détroit d'Otrante vers l'Adriatique moyenne. Ces modifications sont évidemment la conséquence de son mélange avec l'eau adriatique et sont d'autant plus sensibles que sa participation au mélange est plus faible.

Arrêtons-nous maintenant à la période 1913—1914. Dans les parages de la fosse de Jabuka une salinité moyenne plus forte apparaît en 1914 (tableau 12). Le diagramme nous montre également (fig. 6, 7) que cette même année l'eau intermédiaire d'été et l'eau supérieure d'hiver se rapprochent le plus par leurs caractéristiques de l'eau A. Celle-ci étant, depuis le début de 1913, présente de façon constante dans la région, il est évident qu'en 1914 apparaît une eau moins modifiée par mélange.

Le diagramme de la fig. 12 b, sur lequel sont tracées les courbes T-S de la fosse de Jabuka, de la coupe de Palagruž et de l'Adriatique sud, met en évidence les modifications subies en été par l'eau A (1957) au cours de son cheminement de l'Adriatique méridionale en Adriatique moyenne. Sa salinité diminue progressivement par mélange avec les eaux superficielles et profondes moins salées. La température de l'eau A est plus constante car elle est à peu près égale à la température moyenne des eaux de surface et de profondeur. On a fixé par la méthode de Stockman la limite d'immersion des eaux intermédiaires ainsi que le coefficient de mélange de l'eau A au cours de son déplacement de la région de Palagruž à la fosse de Jabuka, pour Août 1913. D'après le diagramme, la couche d'eau intermédiaire, dans la fosse de Jabuka, s'étend de 40 à 150 m. environ de profondeur, comme on l'avait établi précédemment. Le coefficient de mélange de l'eau A est de



Fig. 26 a Topographie géopotentielle de la surface marine par rapport à la surface 50 decibars, pour Août-Septembre 1911. Les isolignes sont tracées pour tous les 5 mm. dyn. Le courant d'été sortant le long de la côte occidentale est particulièrement affirmé.



Fig. 26 b Topographie géopotentielle de la surface marine par rapport à la surface 50 decibars, pour Août-Septembre 1913. Les isolignes sont tracées pour tous les 5 mm. dyn. Le courant d'été sortant le long de la côte occidentale est moins affirmé.

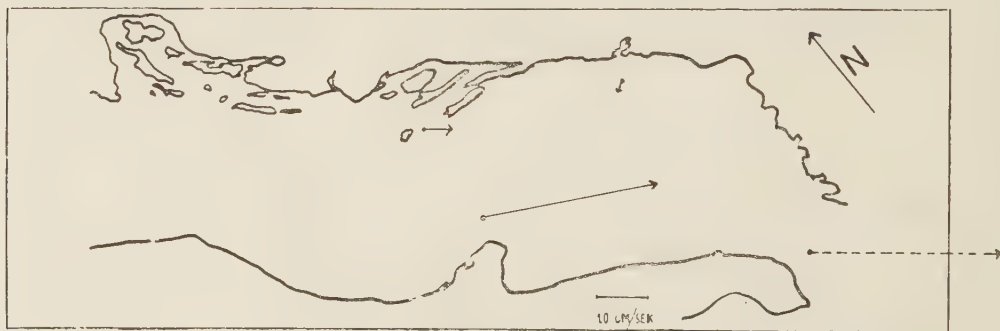


Fig. 26 c Courants résultants obtenus d'après des séries de mesures de 24 heures (la ligne en tirets désigne une série de 6 heures) pour Septembre. Les mesures directes du courant confirment la tendance générale qu' a l'eau à sortir de l'Adriatique dans la couche superficielle en été, ainsi que la vitesse accélérée du courant de surface le long de la côte occidentale.

l'ordre de 1,0 cgs; il a été calculé également pour le mélange d'eau entre le détroit d'Otrante et l'Adriatique sud, pour le printemps 1957 et s'élève à 21 cgs. Ces deux années appartenant à une période de salinité notablement plus forte, la différence entre ces deux coefficients est peut-être due à la différence des saisons. Il est certain qu'on doit s'attendre à un coefficient de mélange vertical plus élevé au printemps qu'en été, quand le développement de la pycnocline, en augmentant la stabilité atténue le brassage des eaux en période d'échauffement.

Nous avons de plus, en employant la même méthode, calculé le coefficient de mélange de l'eau A, durant le laps de temps compris entre le printemps et l'été, pour 1913 et 1953. La supposition — exigée par cette méthode — excluant un renouvellement de l'eau par les courants, n'est plus soutenable et c'est sans doute la raison pour laquelle les valeurs obtenues sont relativement faibles (3,1 et 1,9 pour 1913 et 1953 — fig. 14).

Voici comment nous avons procédé pour calculer le coefficient de mélange en période comprise entre le 27 Mai et le 20 Août 1913 (fig. 14). D'après la figure nous voyons que la limite de la couche intermédiaire est de 30—164 m. sur la première courbe (Mai 1913). Donc:

$$K = \frac{(\Delta z)^2}{8 t} = \frac{(134)^2 \cdot 10^4 \text{ cm}}{8 \times 85 \text{ jours}} = \frac{179 \times 10^6}{8 \times 5875 \times 10^4 \text{ sec}} = 3,1 \text{ cgs}$$

En hiver aussi, au cours de son cheminement de l'Adriatique sud en Adriatique moyenne (fig. 13), l'eau A subit des modifications qui se traduisent par une baisse de sa salinité et de sa température.

VI. REGIME DES COURANTS ET TRANSPORTS D'EAU EN ADRIATIQUE

a) Régime des courants d'été.

Lors de la détermination des courants de densité (Zore, 1956) on a constaté qu'en été dominant les courants sortant de l'Adriatique (fig. 26 a, b) le long de la côte occidentale et en hiver, les courants entrant (fig. 27 a, b) qui suivent le rivage oriental. Les mesures ultérieures directes de la circulation en surface (Zore, 1960) ont confirmé le régime ci-dessus des courants (fig. 26 c et 27 c).

On a de plus, établi qu'en saison d'été, un maximum plus fort des hauteurs dynamiques coïncide avec un courant d'été sortant plus marqué. L'été 1911 par exemple, le courant sortant est plus accusé qu'en 1913, observation qui a été mise en relation avec les températures plus hautes et les salinités plus basses de l'eau nord-adriatique en 1911, c'est-à-dire avec un maximum plus élevé des hauteurs dynamiques dans cette région (fig. 26 a et b). Dans le chapitre II c, où sont analysées les caractéristiques de l'eau nord-adriatique d'été, nous avons vu que l'année 1911 est en outre caractérisée par l'apparition en été, dans la couche superficielle, d'une eau de densité plus faible $\sigma_t < 26,5$.

Par conséquent, les étés où de l'eau de densité $\sigma_t < 26,5$ est présente dans la nappe superficielle de l'Adriatique nord, nous avons un courant de surface sortant plus caractérisé; par contre, les étés où nous avons en surface de l'eau de densité $\sigma_t > 26,5$, le courant de surface sortant est moins affirmé.

Lors du tracé des reliefs dynamiques l'expérience nous a prouvé que ceux qui donnent l'image la plus cohérente de la circulation sont ceux qui sont tracés par rapport à la surface 50 décibares. D'après les diagrammes T-S nous voyons que la profondeur moyenne de 50 m. est, en été, celle de la transition entre les couches d'eau superficielle et d'eau intermédiaire. Chacune d'elles est caractérisée par sa propre dynamique et le niveau de 50 m. sera donc une surface de mouvement horizontal très faible.

En été, quand le courant de surface sortant est plus affirmé, on observe des salinités plus faibles; ce sont aussi les étés où l'eau A n'est pas représentée dans la couche intermédiaire en Adriatique moyenne et méridionale; elle y est remplacée par de l'eau J. Cet état de chose est le résultat d'une diminution de la convection horizontale c'est-à-dire des déplacements de l'eau dans la couche intermédiaire, ce qui a été dit précédemment.

Durant les étés où dans la nappe superficielle la pénétration d'eau nord-adriatique en Adriatique sud augmente, on notera donc une diminution des mouvements d'eau sud-adriatique dans la couche intermédiaire en Adriatique nord (en généralisant). C'est pourquoi, pendant de tels étés, l'Adriatique moyenne est plus fortement influencée par l'Adriatique nord que par l'Adriatique sud, fait confirmé par toutes les caractéristiques trouvées en Adriatique moyenne.

Par contre, au cours des étés où l'on observe un courant de surface sortant moins affirmé, l'eau est plus salée. Ces étés-là, de l'eau A est présente dans la couche intermédiaire de l'Adriatique moyenne et méridionale, par suite d'une ingression plus considérable de cette eau d'origine méditerranéenne en Adriatique sud et de là en Adriatique moyenne. Les étés où le courant de surface de l'Adriatique nord vers l'Adriatique sud est moins intense, le mouvement subsuperficiel d'eau de l'Adriatique sud en Adriatique nord s'amplifie (en généralisant).

Aussi, ces étés-là, en Adriatique moyenne, l'influence sud-adriatique et méditerranéenne est-elle plus forte que celle de l'Adriatique nord, ce qui est prouvé par toutes les caractéristiques.

Nous voyons déjà que la région de l'Adriatique moyenne pourrait être une région typique pour étudier les mouvements de l'eau adriatique.

Examinons maintenant les mouvements possibles en profondeur, au cours des étés des deux types (salinités forte et faible). Pendant l'année que nous avons appelée intermédiaire (1953) on trouve de l'eau M dans la couche d'eau proche du fond de la coupe de Palagruž, et en été seulement (fig. 11 a). Nous en concluons donc que cette année-là, considérée dans son ensemble, appartient à la période de salinité atténuée; une plongée d'eau M a pénétré dans la couche profonde de l'Adriatique méridionale. Au cours de l'été de même type (1912) de l'eau J a fait son apparition dans la couche profonde du détroit d'Otrante (fig. 22, 23. 8. 1912). Il nous est donc permis de conclure — d'après ce qui vient



Fig. 27 a Topographie géopotentielle de la surface marine par rapport à la surface 100 decibares., pour Février et Mars 1912. Les isolignes sont tracées pour tous les 5 mm. dyn. Le courant d'hiver entrant le long de la côte orientale est moins affirmé.



Fig. 27 b Topographie géopotentielle de la surface marine par rapport à la surface 150 decibares pour Février-Mars 1914. Les isolignes sont tracées pour tous les 5 mm. dyn. Le courant hiver de surface entrant le long de la côte orientale est particulièrement affirmé.

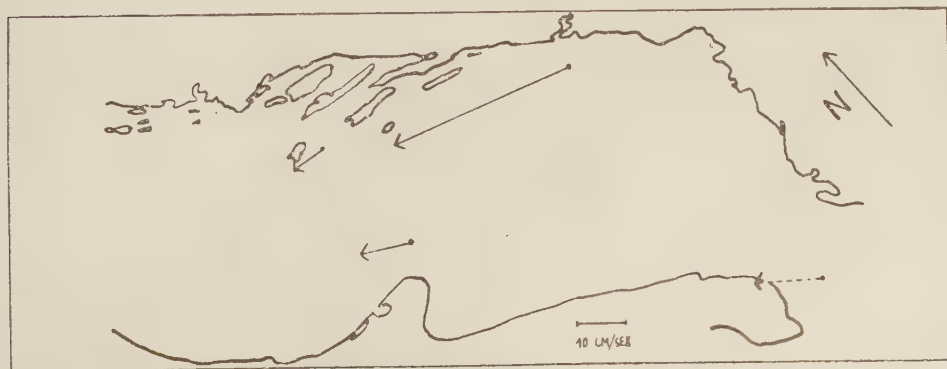


Fig. 27 c Courants résultants obtenus d'après des séries de mesures de 24 heures (la ligne en tirets désigne une série de 6 heures) pour le mois de Mars. Les mesures directes du courant confirment la tendance générale qu'a l'eau à entrer en Adriatique, en hiver, dans la couche superficielle, ainsi que l'accélération de la vitesse du courant le long de la côte orientale.

d'être exposé — que durant les étés de salinité atténuée, il se produit pourtant dans la couche proche du fond un certain mouvement d'eau de l'Adriatique moyenne vers l'Adriatique méridionale et de là jusqu'en Méditerranée. Ce phénomène n'a pas été observé les étés de salinité plus élevée.

L'été nous distinguons donc trois couches d'eau, animées chacune d'un mouvement propre.

- 1°) la couche superficielle dont les eaux sont animées d'un mouvement qui tend à les faire sortir de l'Adriatique,
- 2°) la couche intermédiaire dont les eaux sont animées d'un mouvement entrant en Adriatique,
- 3°) la couche au voisinage du fond dont le mouvement est aussi sortant, mais moins affirmé qu'en surface.

Des variations saisonnières analogues des courants entrants et sortants et de la structure hydrologique ont été également observées dans le sud de la mer Rouge en raison des variations saisonnières des échanges entre la mer Rouge et l'océan Indien par le Golfe d'Aden. Remarquons cependant que dans le cas de la mer Rouge, le seuil est immergé à une profondeur beaucoup plus faible que celui d'Otrante (100 m, au lieu de 740 m.), et qu'alors que l'eau de la mer Rouge est d'une salinité plus élevée que celle de l'océan Indien, celle de l'Adriatique est d'une salinité plus basse que celle de la mer Ionienne.

b) Régime des courants d'hiver.

En hiver, dans le nord de l'Adriatique a lieu un minimum de hauteur dynamique auquel est liée l'intensité du courant hivernal de surface. Celui-ci est d'autant plus fort que le minimum de hauteur dynamique est plus faible (Zore, 1956 — fig. 27 a, b). Plus l'eau de l'Adriatique est dense, plus ce minimum est bas.

Les hivers où l'eau nord-adriatique présente une densité moyenne plus élevée ($\sigma_t > 29,3$) le minimum des hauteurs dynamiques est plus faible et le courant entrant est, par conséquent, plus affirmé.

Une analyse des reliefs dynamiques nous a montré que le courant hivernal de surface atteint une plus grande profondeur que le courant estival. D'après les diagrammes T-S, nous voyons qu'en hiver, la couche superficielle et la couche intermédiaire ne se distinguent pratiquement pas et qu'au lieu de trois couches distinctes, observées en été, nous n'en avons que deux. C'est la raison pour laquelle la couche supérieure est plus épaisse. La direction du courant est la même dans la couche de surface en hiver et dans la couche intermédiaire en été: du sud de l'Adriatique vers le nord. Les hivers où le courant entrant apportant l'eau méditerranéenne A est plus intense, l'eau nord-adriatique est plus dense. Dans les masses d'eau profondes, au cours de tels hivers, on observe un déplacement d'eau adriatique-nord (S) vers l'Adriatique moyenne (chap. III a) et probablement un mouvement d'eau S mélangée vers l'Adriatique méridionale, ainsi que d'eau sud-adriatique (J) vers la Méditerranée (chap. IVa). Nous trouvons donc aussi en hiver, parallèlement à un déplacement plus considérable d'eau méditerranéenne dans la nappe superficielle de l'Adriatique, un mouvement général d'eau profonde vers le sud.

Les hivers où le courant de surface est moins intense, l'eau nord-adriatique est moins dense (fig. 27 a) et on ne décèle ni déplacement d'eau de l'Adriatique nord vers l'Adriatique moyenne (faible saturation en oxygène de l'eau S dans la fosse de Jabuka, chap. III a), ni d'eau J sud-adriatique vers la Méditerranée (chap. IV a). Ce sont donc des hivers caractérisés par un très faible déplacement horizontal, propice à la formation des deux types d'eau adriatique (M et J).

c) *Transport d'eau.*

Le transport d'eau a été calculé à partir des hauteurs dynamiques pour quelques coupes en Adriatique (d'après les données des expéditions »NAJADE« et »CICLOPE«, Z o r e, 1956).

Afin de connaître les différences quantitatives dans le transport d'eau entre les périodes de salinité plus forte et les périodes de salinité plus faible, on a calculé le flux d'eau à travers la coupe de Jabuka, pour deux étés et deux hivers de type différent (tableau 23).

T a b l e a u 23

			Salinité	Transport en volume (m ³ /sec)	Profondeur (m.)
<i>Hiver</i>	Février 1912		inf.	+ 6.000	0—200
	Février 1914		sup.	+ 186.000	0—200
<i>Été</i>	Août 1911		inf.	— 47.000	0—100
	Août 1913		sup.	— 27.000	0—100
	Août 1911		inf.	— 53.000	100—200
	Août 1913		sup.	+ 107.000	100—200

Les nombres négatifs indiquent la direction des courants sortant de l'Adriatique et les nombres positifs celle des courants entrant.

L'hiver, en période d'accroissement de la salinité en Adriatique moyenne, le transport est jusqu'à 30 fois plus considérable qu'en période de salinité atténuée pendant la même saison. Il est difficile de dire jusqu'à quel point ce rapport correspond à la réalité, mais les autres analyses prouvent aussi que les hivers de basses salinités le déplacement d'eau est très faible, en Adriatique moyenne surtout.

L'été en période de salinité atténuée, le transport d'eau dans la nappe superficielle est deux fois plus grand qu'en période de salinité plus élevée, alors que dans la couche intermédiaire, c'est le contraire qui a lieu: quand le transport d'eau est double, la salinité est plus forte.

De plus, en période de faible salinité, on ne décèle, dans les eaux intermédiaires, aucun déplacement dans le sens caractéristique pour cette couche d'eau. C'est peut-être parce que, au cours des années d'observation, la bande intermédiaire n'apparaissant qu'à 75 m. de profondeur, ce niveau n'a pas été compris

dans nos calculs. D'autre part, en période d'accroissement de la salinité, le transport d'eau dans la couche intermédiaire est jusqu'à 5 fois plus important que dans la couche superficielle, ce qui s'accorde également avec les suppositions précédentes sur le régime des courants en Adriatique.

Le tableau 24 nous montre le transport d'eau pour la coupe V traversant la fosse sud-adriatique.

Tableau 24

	Salinité	Transport en volume (m ³ /sec)	Profondeur (m.)
Août 1911	inf.	— 5.000	0—50
Août 1913	sup.	— 15.000	0—50

Le transport calculé du courant d'été sortant en période de salinité élevée est trois fois moindre qu'en période de basse salinité.

Nous avons vu précédemment (chap. III), que sur la coupe de Palagruž nous n'avons pas en hiver de type d'eau stable; l'eau que nous y trouvons présente, suivant les hivers, des caractéristiques intermédiaires entre les types M et A. Les hivers où le transport d'eau méditerranéenne en Adriatique est plus considérable, l'eau revêt les caractéristiques du type A, et les hivers où ce transport est minime, celles du type M. Examinons sur le diagramme des mélanges (fig. 25) le pourcentage de participation des eaux A, M et S aux valeurs moyennes de température et de salinité hivernales pour la coupe de Palagruž (tableau 12). Nous voyons que les années où la salinité est la plus forte (38,7‰) l'eau A est représentée sur cette coupe dans une proportion de 100%, tandis que les années de salinité notablement plus faible (1911) la proportion n'est que de 10%, celle de l'eau M de 80% et celle de l'eau S de 10%. Ceci aussi nous aide à conclure que, suivant l'un ou l'autre type de l'hiver (salinité faible ou forte), les transports d'eaux sud-adriatique et méditerranéenne en Adriatique moyenne sont très variables.

Pour calculer le transport d'eau en Adriatique nord, nous ferons le raisonnement suivant: on admet qu'il s'agit d'un bassin de faible étendue et de faible profondeur, que les caractéristiques de l'eau sont fortement influencées en période de refroidissement par les facteurs externes et que, pour cette raison, la température moyenne de la mer doit avoir la même valeur que la température moyenne de l'atmosphère. S'il n'en est pas ainsi, l'écart existant doit être dû à l'apport d'une eau venant d'une région plus chaude (Adriatique moyenne). La température réelle de l'eau du bassin serait alors le résultat du mélange de deux masses d'eau: l'une dont les caractéristiques ont été acquises dans le bassin lui-même sous l'influence des facteurs externes et l'autre venue d'une autre région. Nous avons vu précédemment qu'en Adriatique moyenne, le courant hivernal de surface s'enfonce jusqu'à 100 m. de profondeur. Aussi, afin d'établir la température moyenne de l'eau venue en Adriatique nord, avons-nous effectué des sondages jusqu'à l'immersion de 100 m. en Adriatique moyenne. Le volume total des eaux de l'Adriatique septentrionale est de

1500 km³ environ. La température moyenne de l'eau de l'Adriatique moyenne jusqu'à immersion de 100 m. s'établit, en hiver 1913 à 12 °C et en 1914 à 13 °C. Nous avons pris comme température moyenne de l'air pour les hivers 1913 et 1914 la valeur de 7 °C (en chiffre rond). D'après les suppositions qui viennent d'être faites, une opération très simple nous montre que la proportion d'eau de l'Adriatique nord a été, en hiver 1913, de 58‰, et en hiver 1914, de 50‰. Ce résultat signifierait donc que près de la moitié de l'eau de l'Adriatique nord a été remplacée, au cours d'une saison (3 mois environ). Le transport d'eau dans un sens, s'élèverait donc à 10⁵ m³/sec. c'est-à-dire la moitié environ du transport d'eau, le même hiver, en Adriatique moyenne, dans la couche d'eau jusqu'à immersion de 200 m.

A des fins de comparaison, nous avons aussi calculé le transport sur la coupe II d'après les résultats des calculs dynamiques. En ce qui concerne cette coupe, nous n'avons des données que pour l'été. Le transport d'eau jusqu'à 50 m., pour Août 1911, s'élève à 103.000 m³/sec. Les deux résultats sont donc concordants et ce calcul a prouvé également que la moitié de l'eau du bassin nord-adriatique a été remplacée au cours d'une saison.

Si nous considérons que cette masse d'eau s'écoule à travers un rectangle de 200 km. de largeur et de 50 m. de hauteur, le transport établi correspondrait donc à une vitesse moyenne de courant de 1 cm/sec.

VII. DYNAMIQUE DE LA COUCHE INTERMEDIAIRE

Dans les chapîtres précédents nous avons vu que l'apparition d'eau A en Adriatique modifie les caractéristiques de son eau ainsi que l'ensemble de la dynamique, en toutes saisons. La présence de l'eau A étant le plus fréquemment en relation avec la couche intermédiaire, nous allons donc nous arrêter à la dynamique de cette couche d'eau.

Les eaux intermédiaires commencent à se développer au printemps avec le début de l'échauffement de la mer. La courbe T-S de l'Adriatique moyenne (fig. 6 et 7) nous montre que plus ou moins affirmée, cette couche d'eau est présente tous les ans au printemps, en été et en automne, durant les années de salinité inférieure et supérieure. Ceci nous fait supposer que l'apparition d'une bande intermédiaire au printemps — donc la pénétration du courant entrant en Adriatique dans les eaux intermédiaires — est en réalité la compensation dynamique à l'apparition du courant de surface sortant, à l'époque de l'échauffement. Bien qu'on ait pu en conclure que la rapidité de cette compensation sera directement proportionnelle à la vitesse du courant de surface, nous avons observé le contraire (chap. VI a). Essayons maintenant de trouver une autre explication à la formation de la bande d'eau intermédiaire. L'hiver, on observe en général un courant entrant qui, d'après la courbe T-S se développe jusqu'à l'immersion de 100 et même 200 m. L'été, la nappe superficielle est caractérisée par un courant de surface sortant, et la couche sous-jacente intermédiaire, par un courant entrant. On pourrait donc interpréter le courant de la zone intermédiaire comme le prolongement du courant hivernal entrant dans la

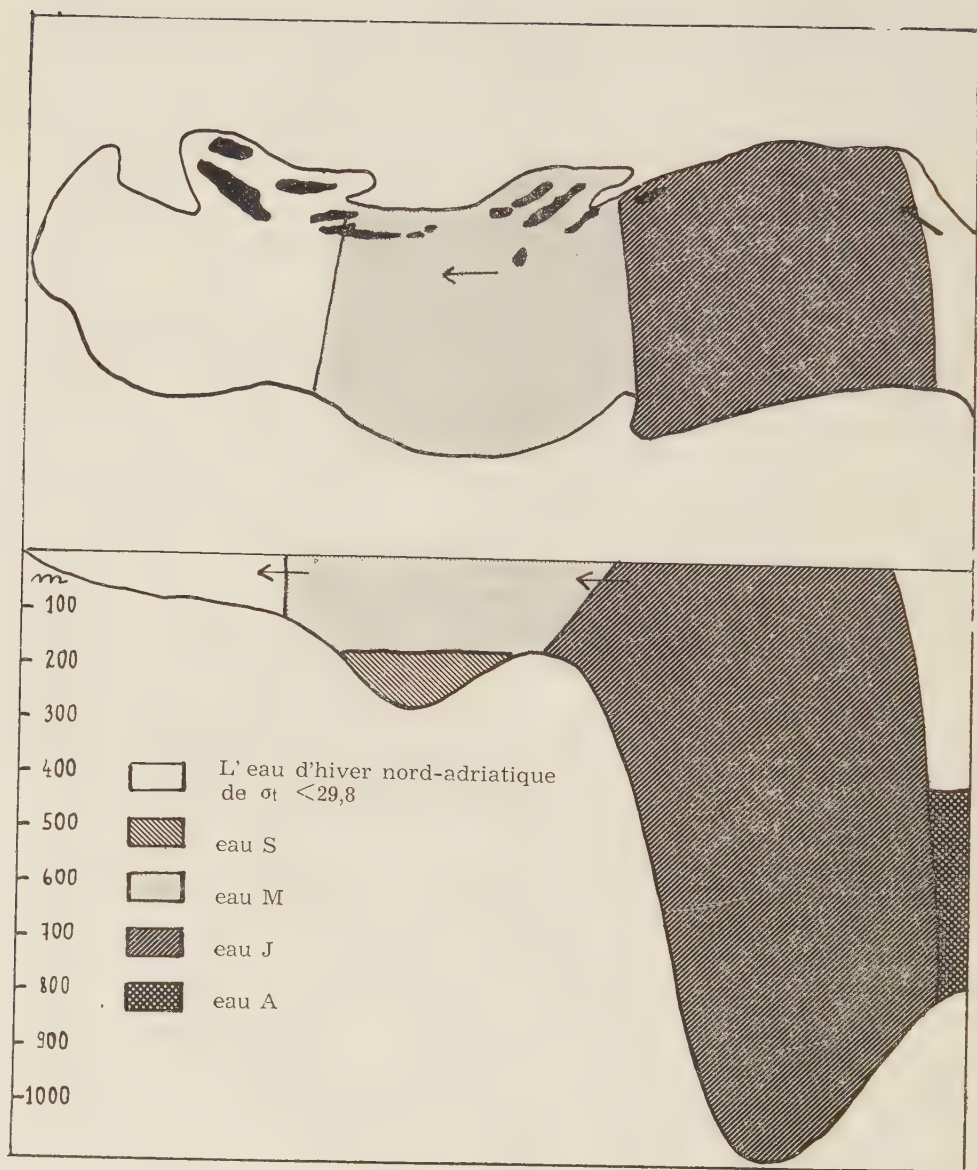


Fig. 28 Représentation schématique des types d'eau caractéristiques dans la couche superficielle, et sur la coupe verticale longitudinale à travers l'Adriatique, l'hiver, en période de salinité plus faible.

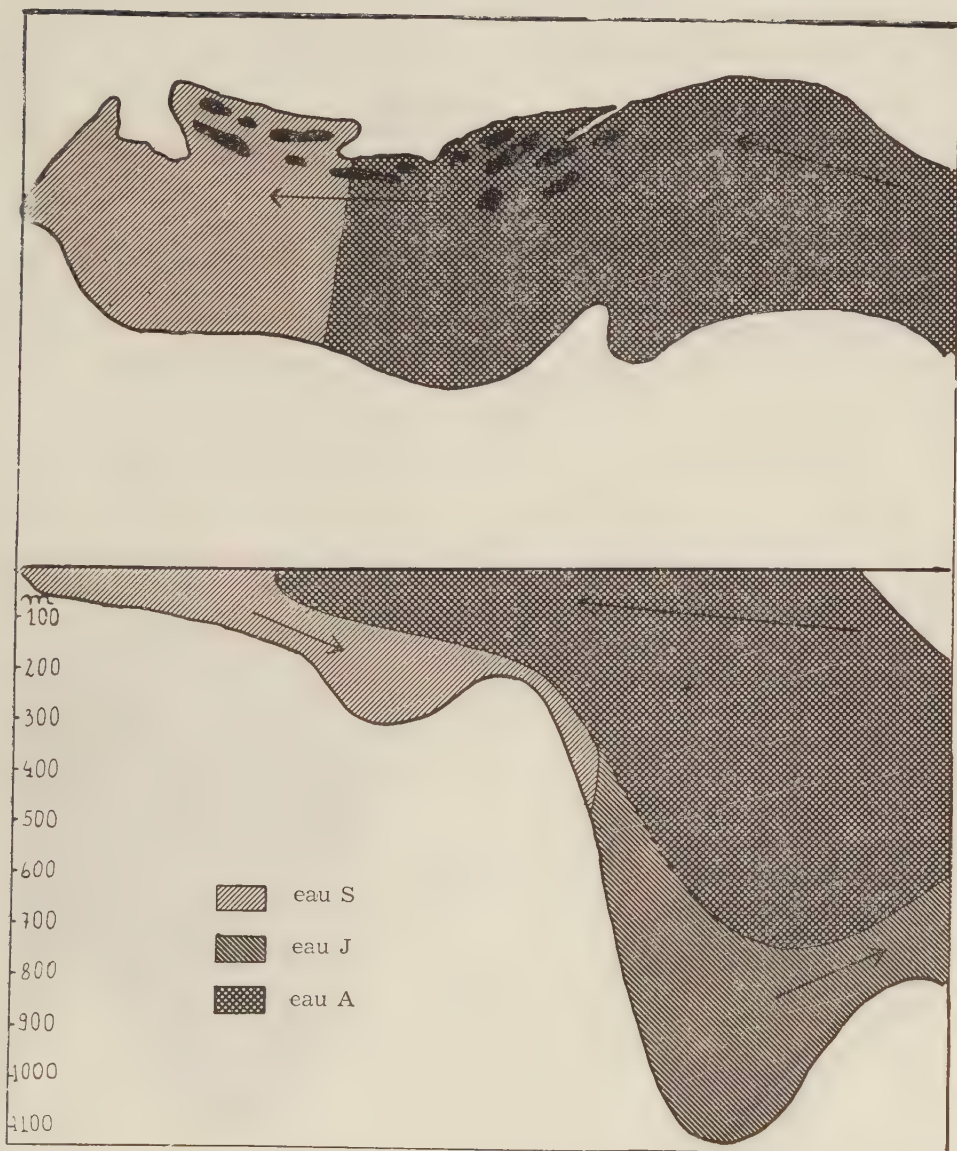


Fig. 29 Représentation schématique des types d'eau caractéristiques dans la couche superficielle, et dans la coupe longitudinale verticale de l'Adriatique, pour un hiver de salinité plus forte.

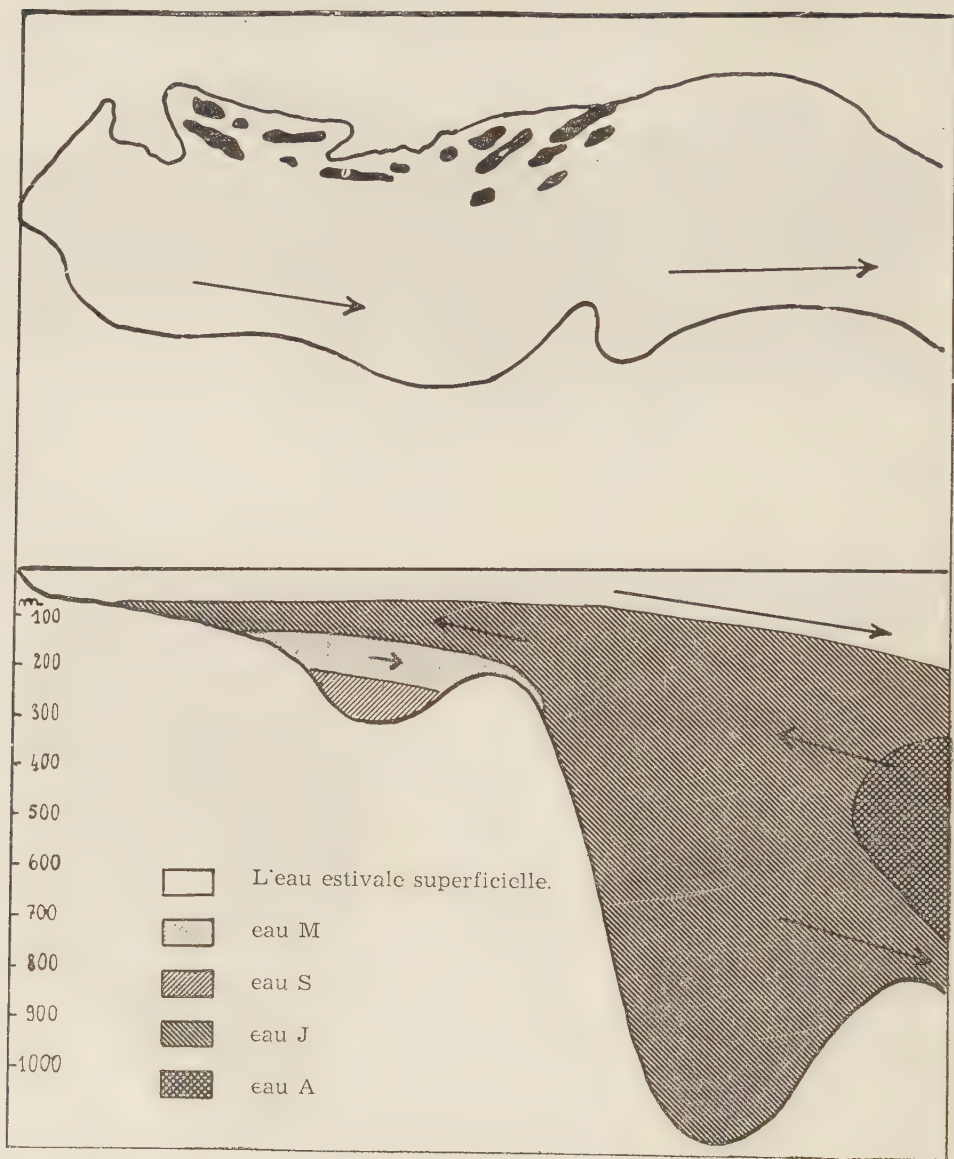


Fig. 30 Représentation schématique de la distribution des types d'eau caractéristiques dans la couche superficielle et la coupe longitudinale verticale de l'Adriatique, l'été, en période de salinité plus faible.

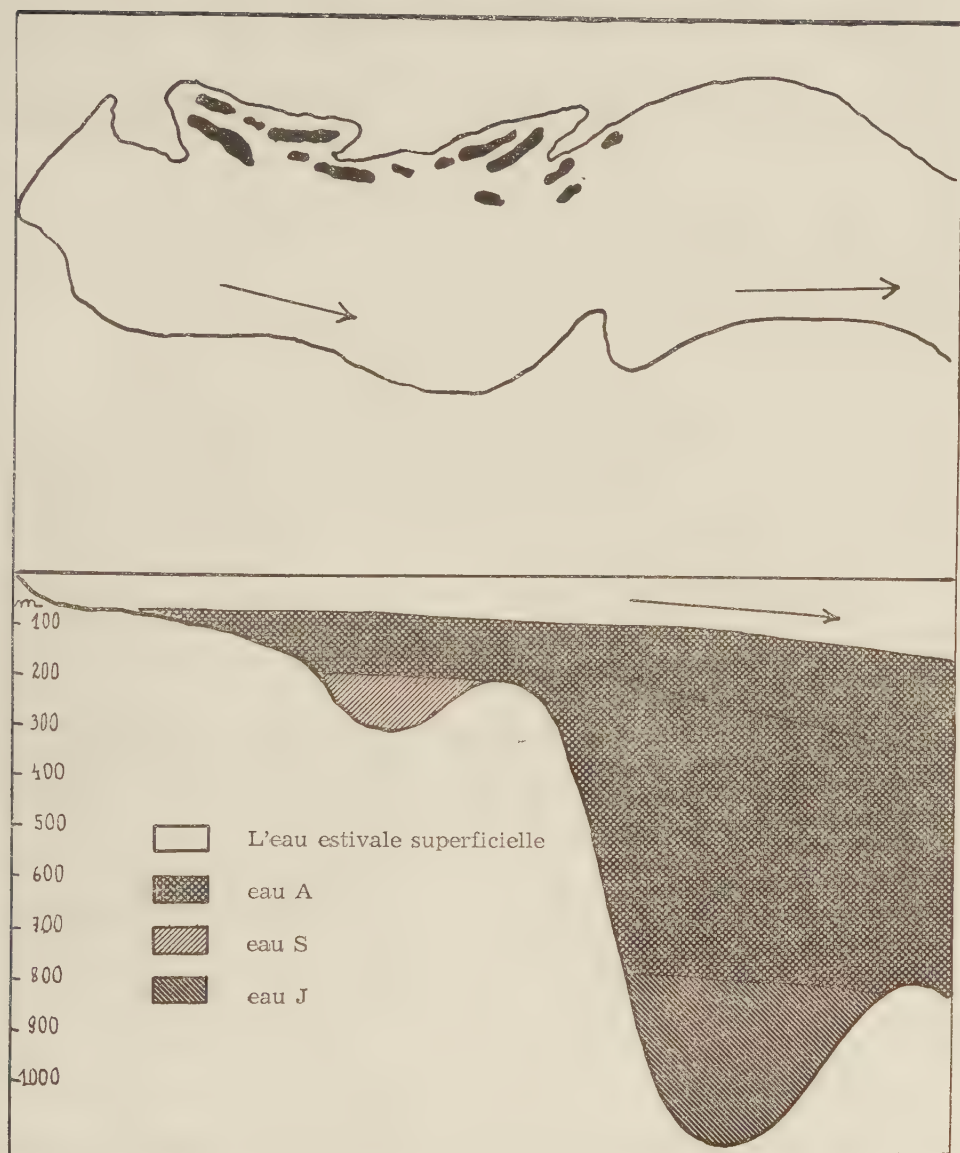


Fig. 31 Représentation schématique de la distribution des types d'eau caractéristiques dans la couche superficielle, et la coupe longitudinale verticale de l'Adriatique, l'été, en période de salinité plus forte.

couche supérieure. Mais, aux mêmes niveaux, le courant d'été intermédiaire étant beaucoup plus intense que le courant d'hiver, cela aussi pourrait être expliqué par ce qui a été dit précédemment: le courant en zone intermédiaire pourrait être également un courant de compensation au mouvement estival superficiel.

Les années de salinité plus élevée apparaît aussi en Adriatique septentrionale une nappe intermédiaire d'eau plus salée (fig. 2) qui est naturellement moins développée, à cause de la faible profondeur de ce bassin.

Il ressort donc de ce qui vient d'être exposé, qu'au printemps, en été et en automne, un déplacement d'eau a lieu dans la couche intermédiaire de l'Adriatique méridionale (ou de la Méditerranée) vers l'Adriatique septentrionale. Les années où les salinités sont plus fortes cette couche est caractérisée par la présence d'eau A.

La bande intermédiaire d'eau salée se développe du printemps à l'automne, saison où elle atteint son développement maximum et où le courant estival de surface perd de son intensité par suite de la modification des caractéristiques des eaux superficielles. Nous mettons ceci en relation avec les fluctuations annuelles des salinités en Adriatique moyenne et méridionale. Il ressort des tableaux 17 (Adriatique moyenne) et 21 (Adriatique méridionale) que, dans ces deux régions, le maximum de salinité se produit en automne, en prenant en compte les moyennes globales. On pourrait donc interpréter le maximum de salinité de l'arrière-saison comme un effet de la couche intermédiaire, c'est-à-dire des mouvements dans cette couche d'eau. Cette observation est confirmée aussi par le fait que les années où le développement de la couche intermédiaire est plus faible — donc pendant les années de salinité atténuée — le maximum de salinité n'a pas lieu en automne (tableaux 17 et 21).

En période de salinité élevée, l'eau A apparaît en hiver dans la couche intermédiaire du détroit d'Otrante (fig. 20), et en Adriatique sud et moyenne, elle monte dans la nappe supérieure. Cette montée de l'eau A nous explique pourquoi, à l'époque de l'ingression d'eau salée en Adriatique, l'hiver, les maxima de salinité se déplacent vers la surface (Buljan, 1957) l'eau A étant plus chaude que l'eau J est présente de façon constante dans la couche d'eau voisine du fond. De plus, au cours de tels hivers, les isohalines de la coupe longitudinale de l'Adriatique s'infléchissent vers le détroit d'Otrante (fig. 32), justement à cause de la distribution des eaux A et J (fig. 29), l'eau A montant progressivement en allant vers l'Adriatique moyenne. Au cours des autres saisons des mêmes années l'eau A se répand dans la couche intermédiaire de l'Adriatique tout entière. Les étés où elle est présente, la couche d'eau superficielle étant moins épaisse, la bande intermédiaire est plus près de la surface.

Les hivers où la salinité est plus faible, l'eau A apparaît dans la couche proche du fond du détroit d'Otrante (fig. 20) et au cours des autres saisons, dans la couche intermédiaire de cette même région, mais le long de la côte occidentale seulement. Et pendant les années dites intermédiaires, on la trouve dans la couche profonde de l'Adriatique moyenne.

Il convient de mentionner aussi un phénomène en accord avec la distribution de l'eau A, les hivers de basse salinité: ces hivers-là, les isohalines de la coupe longitudinale de l'Adriatique s'infléchissent du détroit d'Otrante en allant vers l'Adriatique moyenne (fig. 33) où se trouve l'eau M, relativement la moins salée, qui s'étend aussi en partie, à la nappe superficielle de l'Adriatique méridionale. Au cours de tels hivers, les minima de température en Adriatique sud se manifestent en surface (Buljan, 1957) de l'eau M occupant la nappe superficielle, plus froide que l'eau J.

Nous constatons donc qu'en période de salinité plus faible, l'eau A apparaît dans les couches profonde et intermédiaire, tandis que nous la trouvons dans la bande intermédiaire et la nappe superficielle, les années de salinité plus forte. D'où la conclusion: les années de relèvement de la salinité — c'est-à-dire celles qui sont caractérisées par une intensification de l'ingression d'eau A en Adriatique — la couche intermédiaire d'eau de salinité élevée monte dans le détroit d'Otrante, de sorte que, l'hiver, on enregistre de plus forts gradients de la température et de la salinité, donc de la densité dans le sens horizontal, qui accélèrent le courant hivernal de surface entrant en Adriatique.

L'été, la montée des eaux intermédiaires A dans le détroit d'Otrante s'opposerait au développement du courant estival de surface sortant par sa tendance à se déplacer en sens inverse. Tous les phénomènes en relation avec les deux aspects de l'eau adriatique (plus salée et moins salée) seraient donc conditionnés par la plongée ou la montée des eaux intermédiaires plus salées dans le détroit d'Otrante.

VIII. CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'EAU ADRIATIQUE

On a déjà souligné à plusieurs reprises, que les caractéristiques de l'eau adriatique sont soumises à des modifications suivant les périodes de salinité faible ou forte. Ces deux aspects seront donc analysés séparément pendant les deux saisons extrêmes et les mieux étudiées: l'hiver et l'été.

Ce chapitre sera un résumé des conclusions auxquelles nous avons abouti dans les chapitres précédents qui traitent des caractéristiques et des saisons mentionnées.

a) Période de salinité plus forte.

1. Hiver:

- Températures et salinités de l'eau généralement plus élevées.
- En Adriatique septentrionale, affaiblissement de l'influence des facteurs externes et intensification de l'effet des apports sur les caractéristiques de l'eau.
- Formation d'eau plus dense, de $\sigma_t > 29,3$, correspondant au type d'eau S.
- Renouvellement de l'eau S dans la couche au voisinage du fond de l'Adriatique moyenne, d'où augmentation du taux de la saturation en oxygène dans cette couche d'eau.

- Apparition d'eau A dans la couche supérieure de l'Adriatique moyenne et méridionale.
- Courant hivernal de surface plus affirmé entrant en Adriatique.
- Apparition d'eau J dans la couche proche du fond du détroit d'Otrante.
- D'une façon générale, arrivée plus considérable d'eau méditerranéenne A en Adriatique, d'eau nord-adriatique S en Adriatique moyenne, et d'eau sud-adriatique J en Méditerranée. Cette période peut donc s'appeler aussi période de mouvements d'eau intensifiés.

2. *Été:*

- D'une façon générale, salinités plus élevées et écarts plus faibles des variations verticales de température.
- Salinité maxima liée à des températures moyennes trouvée dans la couche intermédiaire.
- Pycnocline moins accusée.
- Apparition d'eau A dans la bande intermédiaire de l'Adriatique moyenne et méridionale, comme résultat d'une ingression intensifiée d'eau méditerranéenne dans la couche intermédiaire.
- Courant de surface sortant de l'Adriatique moins affirmé.

b) *Période de salinité plus faible.*

1. *Hiver:*

- Salinité et température de l'eau généralement plus basses.
- En Adriatique nord, renforcement de l'influence des facteurs externes et affaiblissement de l'influence de la convection horizontale sur les caractéristiques de l'eau. Formation d'une eau plus légère de $\sigma_t < 29,3$.
- Eau S non renouvelée dans la couche du voisinage du fond en Adriatique moyenne, d'où plus faible saturation en oxygène dans cette masse d'eau.
- Formation d'eau J dans la fosse sud-adriatique.
- Pas d'eau A en Adriatique moyenne et méridionale.
- Courant de surface entrant moins affirmé, surtout en Adriatique moyenne.
- Plus faibles apports d'eau.

2. *Été:*

- D'une façon générale, salinités plus basses et amplitudes plus grandes des variations verticales de température. Aux valeurs les plus élevées de la salinité correspondent les valeurs les plus faibles de la température, ayant été enregistrées dans la couche d'eau, au voisinage du fond.

- Pycnocline bien marquée.
- Eau A remplacée par l'eau J dans la couche intermédiaire de l'Adriatique moyenne.
- Eau J présente dans la couche au voisinage du fond dans le détroit d'Otrante.
- Pas d'eau A, ni en Adriatique moyenne ni en Adriatique méridionale.
- Courant de surface sortant bien affirmé. Mouvements plus faibles dans la couche intermédiaire, mais on constate une arrivée d'eau J de la couche profonde de l'Adriatique sud en Méditerranée.

c) Discussion.

Dans ce chapitre on a exposé toutes les caractéristiques générales de l'eau adriatique établies pour l'Adriatique tout entière. En admettant que des caractéristiques déterminées apparaissent simultanément dans toute l'Adriatique, leur connaissance, pour une région, pourrait nous aider à définir les caractéristiques de cette mer.

Il est, en tout cas évident, d'après ce qui a été exposé précédemment, que l'apparition d'eau A en Adriatique est en rapport avec un accroissement de la salinité dans toute l'Adriatique et en toute saison. De façon analogue, des températures hivernales plus hautes et des écarts verticaux de température estivale plus faibles dans toute la région de l'Adriatique moyenne et méridionale sont liés à des salinités plus élevées. Les autres caractéristiques mentionnées dans ce chapitre s'enchaînent de la même façon et nous en avons discuté en détail dans les chapitres précédents.

Afin de nous montrer plus clairement la simultanéité de l'apparition de caractéristiques déterminées dans toute l'Adriatique, le tableau 25 nous donne les températures et les salinités moyennes pour la fosse de Jabuka, la coupe de Palagruž et l'Adriatique sud, et les valeurs de σ_t moyennes pour l'Adriatique nord, entre 1911 et 1914, en hiver.

D'après ce tableau, nous voyons que dans toute l'Adriatique (à l'exception de l'Adriatique nord) les hautes salinités moyennes hivernales coïncident avec des températures élevées. Les moyennes pour toute la région adriatique décèlent un bond des valeurs des caractéristiques entre 1912 et 1913, qui traduit une modification des caractéristiques pendant les hivers de l'un et l'autre aspect (salinité inférieure et salinité supérieure).

D'après les moyennes seules, on voit qu'il s'agit de modifications s'étendant à l'Adriatique tout entière. On observe un parallélisme entre les valeurs plus hautes de la température et de la salinité en Adriatique moyenne et méridionale et les valeurs plus élevées de σ_t en Adriatique nord.

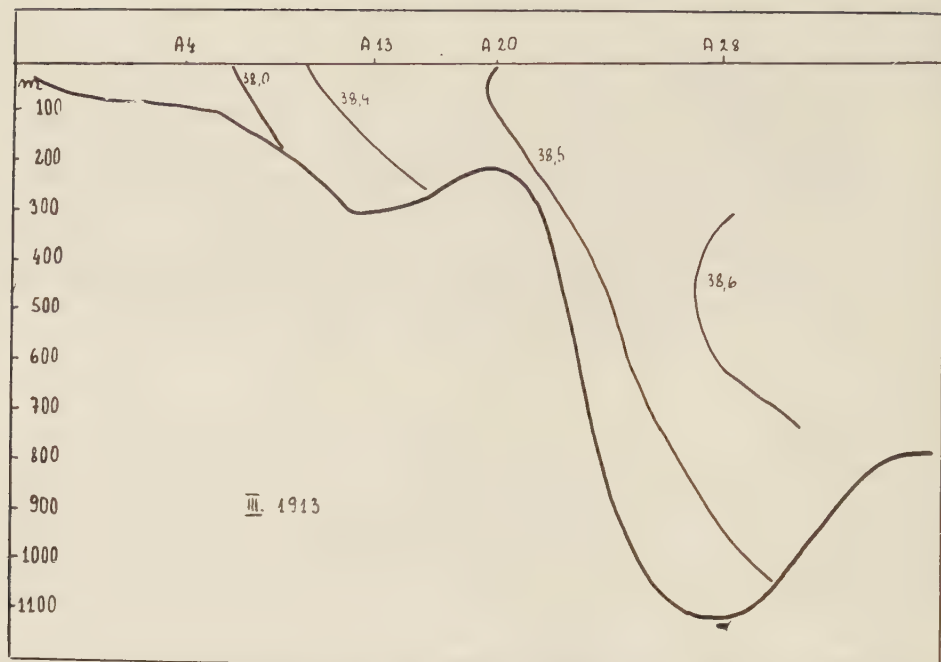


Fig. 32 La salinité le long de la coupe longitudinale verticale à travers l'Adriatique, en hiver 1913.

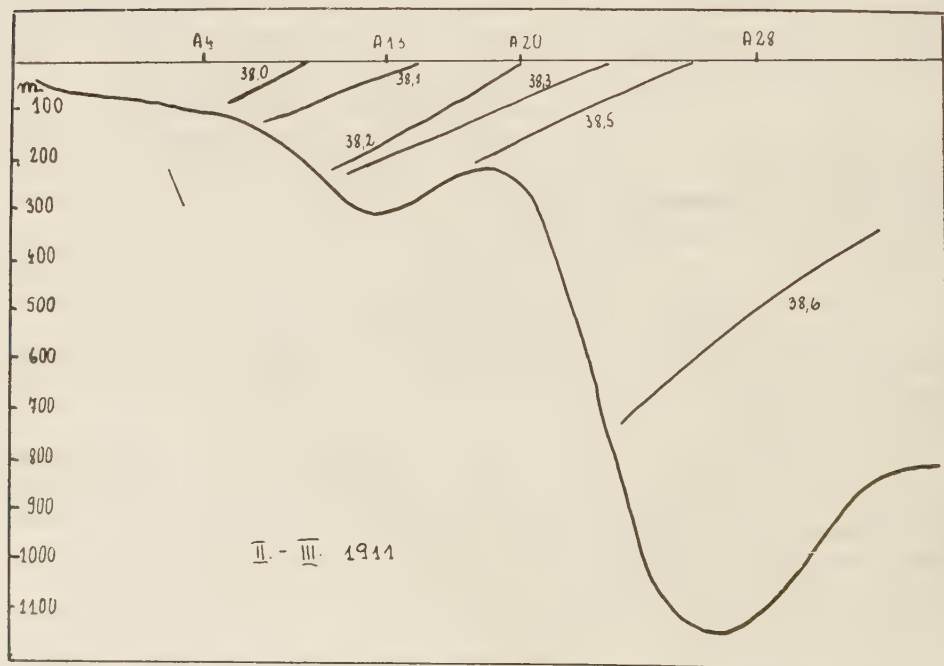


Fig. 33 La salinité le long de la coupe longitudinale verticale à travers l'Adriatique, en hiver 1911.

Tableau 25

Valeurs moyennes de la température, de la salinité et de σ_t , pour les diverses régions de l'Adriatique, en hiver.

		1911	1912	1913	1914	Moyenne
Température moyenne (°C)	Coupe de Jabuka	11,7	12,6	12,7	12,9	12,5
	Coupe de Palagruž	12,1	12,8	13,0	13,3	12,8
	Adriatique sud	12,9	13,2	14,1	14,3	13,6
Salinité moyenne (gr. ‰)	Coupe de Jabuka	38,2	38,3	38,5	38,6	38,4
	Coupe de Palagruž	38,3	38,2	38,5	38,5	38,4
	Adriatique sud	38,5	38,3	38,7	38,6	38,5
Moyenne de température		12,2	12,9	13,3	13,5	13,0
Moyenne de salinité		38,3	38,3	38,6	38,6	38,45
Moyenne de σ_t Adriatique centrale et sud		29,13	28,99	29,14	29,09	29,08
Moyenne de σ_t Adriatique nord		28,96	28,29	29,31	29,41	28,99

Ce tableau nous montre en outre l'augmentation des températures et des salinités moyennes hivernales — globales — en allant de la fosse de Jabuka vers le sud de l'Adriatique. C'est pourquoi les salinités limites servant pour la détermination des aspects sont un peu plus élevées en allant de l'Adriatique moyenne vers l'Adriatique méridionale. Mais si, par exemple, nous enregistrons pour la coupe de Palagruž une température et une salinité moyennes au-dessus des valeurs-limites (moyenne globale) nous devons nous attendre à trouver la même chose dans la fosse de Jabuka et en Adriatique sud, alors qu'en Adriatique nord apparaît une eau plus dense, tout cela, naturellement, en hiver. Nous voyons par exemple, que toutes les moyennes de 1911 sont inférieures aux moyennes globales (confronter la première et la dernière colonne du tableau).

Il y a lieu de faire remarquer que les changements de caractère de l'eau adriatique sont l'aboutissement d'un processus de plusieurs années qui n'arrive pas à culmination en même temps dans toute l'Adriatique. Dans la fosse de Jabuka, par exemple, entre 1911 et 1914, la salinité la plus élevée est notée en 1914, et sur la coupe de Palagruž en 1913 (chapitre V d) là où en 1914 nous trouvons déjà une salinité en décroissance. De même aussi, succédant à une période de fortes salinités (1955—1957), l'année 1958 semble, en Adriatique moyenne, appartenir à une période de basses salinités. En Adriatique sud, c'est le contraire, mais avec une certaine indécision, aussi appelons-nous cette année intermédiaire. C'est pourquoi une grande prudence s'impose en même temps que la nécessité d'une analyse détaillée pour déterminer l'état de l'eau adriatique d'après les données fournies par une coupe ou une région limitée. La fosse de Jabuka, par sa position centrale — et par le fait que les années de salinité supérieure elle est soumise à l'influence prépondérante de l'Adriatique sud, et les années de salinité inférieure à celle de l'Adriatique nord (chap. VI a) — pourrait être l'une des régions les plus propices à la détermination du caractère de l'eau adriatique.

Le tableau 26 nous donne les moyennes globales de la salinité pour les quatre saisons de l'année, et pour quelques coupes. On y décèle un synchronisme dans les fluctuations annuelles.

Tableau 26

	Hiver	Printemps	Été	Automne
Coupe de Palagruž	38,45	38,43	38,47	38,53
Adriatique sud (0—200 m.)	38,54	38,46	38,52	38,58
Adriatique sud (épaisseur totale de l'eau)	38,58	38,52	38,58	38,60

Il ressort de ce tableau que, quant aux variations annuelles des caractéristiques, l'Adriatique moyenne et sud se comportent de façon identique: la salinité minima apparaît au printemps et la salinité maxima en automne dans ces deux régions.

Nous mentionnerons encore que la salinité hivernale moyenne globale commune à l'Adriatique moyenne et méridionale, est de 38,4‰ (tableau 25); c'est pourquoi cette valeur est tracée sur tous les diagrammes et sert en quelque sorte d'indice pour distinguer l'eau de salinité inférieure de l'eau de salinité supérieure.

CONCLUSION

Au cours des recherches sur les caractères biologiques et chimiques de l'Adriatique s'est posé le problème des fluctuations annuelles et à périodes de plusieurs années, des caractéristiques de son eau (température et salinité surtout). On s'est demandé également quel rapport peuvent avoir ces variations avec la dynamique des eaux adriatiques en général. Comme hypothèse de départ pour notre travail, nous avons pris les observations de M. Buljan sur les fluctuations simultanées à longue période de température et de salinité. Nous avons tenu compte également de ses remarques relatives aux changements saisonniers ou à longue période dans le régime des courants de densité. Notre tâche a consisté aussi à analyser quantitativement ces fluctuations.

Afin de trouver une explication dynamique aux fluctuations des caractéristiques, on a établi à l'aide des diagrammes T-S les moyennes de température et de salinité des types d'eau identifiée en Adriatique.

L'étude des conditions de formation des types d'eau identifiés a permis de découvrir un rapport qualitatif déterminé entre l'influence des facteurs externes d'une part, les courants et le mélange d'autre part, sur leurs caractéristiques.

On a constaté que deux types d'eau se forment en Adriatique quand les apports d'eau venant de la mer Ionienne sont faibles, et un troisième quand ils sont plus considérables; un quatrième type d'eau provient de la Méditerranée.

A l'aide des diagrammes T-S, on a étudié la distribution des quatre types d'eau identifiés dans toute l'Adriatique, suivant les saisons, et il a été prouvé que l'apparition de fluctuations de la salinité entraîne l'ingression périodique d'un type d'eau (A), originaire de la Méditerranée. L'intervention de ce type d'eau ne modifie pas seulement la salinité de la totalité des eaux mais a aussi une répercussion sur la dynamique de la circulation, superficielle et profonde, en général. Elle se manifeste aussi en surface, par une pycnocline moins développée et des écarts verticaux plus faibles des variations de température, et par une hausse des températures hivernales. Ces variations sont exprimées, quantitativement, en moyenne, pour l'Adriatique septentrionale, moyenne et méridionale.

Dans l'ensemble de l'Adriatique, le calcul du transport d'eau a confirmé notre conclusion: l'ingression d'eau A méditerranéenne varie au cours des années.

L'étude faite nous donne à penser que l'ingression d'eau A en Adriatique est en relation avec la montée des eaux intermédiaires salées dans le canal d'Otrante. Cette façon de voir est renforcée par la forme des isohalines de la coupe longitudinale de l'Adriatique, au cours des différents hivers.

Les fluctuations saisonnières des caractères hydrologiques et leurs fluctuations à période de plusieurs années seraient donc liées aux modifications du régime de circulation superficielle et profonde.

On indique jusqu'à quel point ces fluctuations peuvent être influencées par les facteurs locaux externes, actifs surtout en Adriatique septentrionale et dans quelle mesure on peut les mettre en rapport avec les modifications intervenant dans la dynamique des eaux méditerranéennes et des brassages.

Lacombe et Lizeray (1959) ont mis en relation les fluctuations du régime des courants, dans le détroit de Gibraltar, avec celles du niveau moyen de la Méditerranée, ces dernières étant elles-mêmes liées aux variations de la pression atmosphérique. En Adriatique une relation a été mise également en évidence entre les fluctuations du niveau moyen et celles des courants de surface, aux diverses saisons (Zore, 1960). Il conviendrait ultérieurement de rechercher s'il existe aussi une relation entre les fluctuations à longue période du régime des courants adriatiques, du niveau moyen de la mer et de la pression atmosphérique au-dessus de la Méditerranée orientale.

RÉSUMÉ

En utilisant 10.000 données environ de température et de salinité, qui ont été rassemblées de 1911 à 1914, et de 1948 à 1958, on a déterminé d'après le diagramme T-S et les moyennes de température et de salinité, les caractères de l'eau de l'Adriatique septentrionale, moyenne et méridionale. Dans chaque région, on a exploité deux coupes. On a en outre employé une autre coupe à travers le détroit d'Otrante et une en mer Ionienne.

On a trouvé dans ces trois régions des différences de caractéristiques entre une période de forte salinité et une période de faible salinité. Ces deux aspects se manifestent différemment d'une saison à l'autre et alternent par longues périodes de plusieurs années successives.

En Adriatique nord, les années salinité supérieure sont caractérisées en hiver par une eau de densité $\sigma_t > 29,3$ et en été par une pycnocline moins développée, des températures superficielles plus basses et des écarts verticaux de la variation de température plus faibles.

En Adriatique, les années de salinité faible se caractérisent en hiver par une densité $\sigma_t < 29,3$ et en été, par une pycnocline plus développée et des écarts verticaux des variations de température plus forts.

En Adriatique moyenne, les années de salinité élevée sont corrélatives de températures plus hautes en hiver, et en été, d'écarts verticaux des variations de température plus faibles. Les années de salinité inférieure sont caractérisées en hiver, par des températures plus basses et en été, par des écarts verticaux de température plus forts. Des différences semblables ont été aussi notées en Adriatique méridionale, entre les années de l'un et l'autre type (plus salé — moins salé).

D'après les moyennes globales (pour une période de plusieurs années) on a, pour chaque région, défini les deux groupes de caractéristiques de l'eau Adriatique.

Une étude des fluctuations hydrologiques annuelles a montré que le minimum de salinité se produit au printemps et le maximum en automne en Adriatique moyenne et méridionale.

Les 4 types d'eau identifiés en Adriatique, ont été définis et leur région d'origine délimitée:

- L'eau S — ($T = 11^\circ\text{C}$ et $S = 38,5\text{‰}$), se forme dans le nord de l'Adriatique pendant les hivers de salinité plus forte.
- L'eau M — ($T = 12^\circ\text{C}$ et $S = 38,2\text{‰}$), se forme dans les parages de la fosse de Jabuka pendant les hivers de salinité plus faible.
- L'eau J — ($T = 13^\circ\text{C}$ et $S = 38,6\text{‰}$), se forme dans la région de la fosse sud-adriatique pendant les hivers de salinité inférieure.
- L'eau A — ($T = 14^\circ\text{C}$ et $S = 38,7\text{‰}$), représente l'eau de la zone intermédiaire de la Méditerranée orientale et pénètre par apports périodiques en Adriatique. A l'apparition de cette eau en Adriatique est lié un accroissement de la salinité de l'eau de cette mer.

On étudie la distribution de chacun d'eux au cours des saisons et on la met en relation avec le régime de la circulation en Adriatique, en tenant compte de la connaissance des courants de densité dans la nappe superficielle.

Les hivers de salinité faible, on observe en général une faible circulation: ils sont donc favorables à la formation de types d'eau déterminés. Les hivers de salinité élevée sont caractérisés par un courant de surface entrant en Adriatique bien affirmé et par un apport d'eau sud-adriatique (J) en Méditerranée, dans la couche au voisinage du fond. Le courant en sens inverse dans la couche intermédiaire est moins marqué bien qu'il y ait cependant un mouvement d'eau J vers l'Adriatique moyenne, dans cette couche.

Les étés de salinité plus forte, le courant de surface sortant de l'Adriatique est moins puissant et il n'y a pas non plus de mouvement d'eau J dans la couche au voisinage du fond, vers la Méditerranée. Il existe pourtant une ingression notable d'eau A méditerranéenne dans la zone intermédiaire de l'Adriatique tout entière.

On a évalué également le transport du flux d'eau en Adriatique septentrionale, moyenne et méridionale, au cours de périodes diverses, et il a été prouvé que le flux d'eau à travers l'Adriatique moyenne est, durant les hivers de forte salinité, jusqu'à 30 fois plus important que durant les hivers de faible salinité.

On s'est arrêté spécialement à la dynamique des eaux intermédiaires considérée par rapport à l'ingression d'eau A en Adriatique.

L'auteur pense que l'arrivée d'eau A en Adriatique est liée à la montée des eaux intermédiaires plus salées dans le canal d'Otrante et son absence à la plongée de ces mêmes eaux. Ce phénomène est mis en relation avec la forme des isohalines sur la coupe longitudinale de l'Adriatique, au cours de différents hivers.

On a montré tous les phénomènes en relation avec la modification du taux de salinité de l'eau en Adriatique. On a fait des schémas représentant la distribution des types d'eau et la circulation en Adriatique pour les étés et les hivers de salinité plus forte et pour ceux de salinité plus faible. Il a été démontré comment, à partir des caractéristiques déterminées pour une coupe donnée, on peut déduire celles de l'eau de l'Adriatique tout entière.

BIBLIOGRAPHIE

- Bebber W. J. van, 1891. — Die Zugstrassen der barometrischen Minima, *Met. Zeit.*, 8, 361.
- Buljan M., 1952. — Some notes on the use of the term »thermocline«, *Acta Adriatica*, Vol. IV/10, Split.
- Buljan M., 1953. — Fluctuations of salinity in the Adriatic, *Rib.-biol. eksp. »Hvar«*, Izvješća - Reports Vol. II/3, Split.
- Buljan M., 1957. — Fluctuation of temperature in the waters of the open Adriatic, *Acta Adriatica*, Vol. VI/7, Split.
- Buljan M. & Marinković M., 1956. — Some data on hydrography of the Adriatic, *Acta Adriatica*, Vol. VII/12, Split.
- Buljan M. & Zore-Armanda M. — Hidrografski podaci Jadrana (manuscript).
- Eutzer K. W., 1960. — Dynamic Climatology of Large-Scale European Circulation Patterns in the Mediterranean Area, *Met. Rundschau*, 13 Jahr. H. 4.
- Chromow S. P., Konček N. & Swoboda S., 1942. — Einführung in die synoptische Meteorologie, Wien.
- De Marchi L., 1911. — Risultati fisico-chimici delle prime cinque crociere adriatiche, *Memorie Comit. Talassogr. Ital.* No 3.
- Ercegović A., 1934. — Température, salinité, oxygène et phosphates dans les eaux côtières de l'Adriatique orientale moyenne, *Acta Adriatica*, Vol. I/5, Split.
- Ercegović A., 1940. — Weitere Untersuchungen über einige hydrographische Verhältnisse und über die Phytoplanktonproduktion in den Gewässern der Ostlichen Mitteladria, *Acta Adriatica*, Vol. II/3, Split.
- Feruglio G. e de Marchi L., 1920. — Le correnti dell'Adriatico secondo la distribuzione superficiale della salsedine et della temperatura (Appendice), *Memoria LV, R. Comit. Talass. Ital., Venezia*.
- Heland-Hansen B., 1930. — Physical oceanography and meteorology, *Micheal Sars North Atlantic Exp. Rept. Sci. Res.* V. I.
- Jacobsen J. P., 1927. — Eine grafische Methode zur Bestimmung des Vermischungskoeffizienten in Meere, *Gerland Beiträge Geophysik*, V. 16.
- Jacobsen J. P., 1929. — Contribution to the Hydrography of the North Atlantic. The danish »DANA« exp., Copenhagen.
- Lacombe H. et Lizeray J. C. 1959. — Sur le régime des courants dans le détroit de Gibraltar, *C. R. A. S. t.* 248, pp. 2502-04, Paris.
- Lacombe H. et Tchernia P., 1960. — Quelques traits généraux de l'hydrologie méditerranéenne d'après diverses campagnes hydrologiques récentes en Méditerranée, dans le proche Atlantique et dans le détroit de Gibraltar, *Cah. Océanog.* XII/8, Paris.
- Lacombe H. et Tchernia P., 1959. — Stations hydrologiques effectuées à bord de la »CALYPSO« en 1955 et 1956, *Cah. Océan. du C. O. E. C.*, Vol XI No 5 et 6.
- Nielsen J. N., 1912. — Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters, *Rep. on the Dan. Oc. Exp.*, 1908–1910, Vol. I.
- Pollak M., 1951. — The deep water of the Mediterranean Sea, *Journ. Mar. Res.* Vol. X.

- Stockman W. B., 1946. — A theory of T-S curves as a method for studying the mixing of water in the sea, *Journ. Mar. Res.* Vol. VI/I.
- Sverdrup H. U., Johnson M. W. & Fleming R. H., 1942. — *The Oceans*, New York.
- Tchernia P., 1960. — Hydrologie d'hiver en Méditerranée occidentale. *Cah. Océan.* XII/3.
- Tchernia P. et Lacombe H., 1959. — Hydrological cycle in the Mediterranean Int. Ocean. Congress Preprints, Washington.
- Wolf J. & Luksch J., 1881. — Physikalische Untersuchungen in adriatischen und sicilisch-jonischen Meere während des Sommers 1880 an Bord des Dampfers »HERTA«, Beilage Mitt. Geb. Seewesens, Heft VIII und IX, Pola.
- Zore M., 1956. — On gradient currents in the Adriatic sea, *Acta Adriatica*, Vol. VI/7, Split.
- Zore M., 1960. — Preliminary results of direct current measurements in the Adriatic, *Rap. Proc. Verb. des Réunions C. I. E. S. M. N.* Vol. XV, Paris.
- Zore M., 1961. — Jadransko more, Klima. *Vojna enciklopedija*, Vol. 4, Beograd.
- Zore M., 1960. — Variations of the sea level along the eastern Adriatic coast and the system of gradient currents in the Adriatic, *Hidrografski godišnjak* 1959, Split.

EXPÉDITIONS

- »CICLOPE« 1911–1914. — *Bollettino delle crociere periodiche*, Fasc. I, II e III, *Ricerche Ital. R. Comit. Talass.* 1912, 1913, 1914.
- »DANA« 1937. — Hydrographical observations made during the »DANA« expeditions 1928–1930, *Dana - Report No 12*
- IZVJEŠTAJ sa prvog, drugog, trećeg, četvrtog, petog i šestog oceanografskog krstarenja, Nacionalna komisija za MGG, Potkomisija za oceanografiju, Split 1957, 1958, 1959.
- JAHRBUCH der Met. Erdmagn. u. seism. Beobach., Veröff. d. Hydrogr. amter d. K. K. Kriegsmar. in Pola, Beobach. des Jahres 1911, 1912, 1913, 1914, Pola 1912, 1913, 1914, 1915.
- »NAJADE« 1911–1914. — Berichte über die Terminfahrten, Österreichischen Teil, No 1–12, *Perm. Int. Komm. Erforsch. Adria*, 1912, 1913 und 1915.
- »THOR« 1908–1910. — Hydrographical Observations, Report on the Danish Oceanographical Expeditions, Vol. I. 1912.

DEUXIÈME THÈSE

Proposition donnée par la Faculté

„Les eaux profondes da la Méditerranée orientale“

Vu et approuvé :
Paris, le 5 Septembre 1963.

Le Doyen de la Faculté
des Sciences,

MARC ZAMANSKY

Vu
et Permis d'imprimer :

Le Recteur da l'Académie
de Paris,

JEAN ROCHE

S O M M A I R E

	pages
I. PREAMBULE	5
a) Caractères topographiques et climatologiques de l'Adriatique . . .	6
b) Matériel et méthodes	9
II. CARACTERISTIQUES de l'EAU NORD-ADRIATIQUE	12
a) Hiver	12
b) Printemps	15
c) Été	16
d) Automne	17
e) Caractéristiques générales de l'eau nord-adriatique	18
III. CARACTÉRISTIQUES de l'EAU de l'ADRIATIQUE MOYENNE	18
a) Hiver	18
b) Printemps	28
c) Été	28
d) Automne	34
e) Caractéristiques générales de l'eau de l'Adriatique moyenne et leurs fluctuations annuelles	35
IV. CARACTERISTIQUES de l'EAU SUD-ADRIATIQUE	43
a) Hiver	43
b) Printemps	47
c) Été	47
d) Automne	52
e) Caractéristiques générales de l'eau sud-adriatique et leurs fluctuations annuelles	52
V. TYPES d'EAU en ADRIATIQUE et LEUR DISTRIBUTION	63
a) Type d'eau S	63
b) Type d'eau M	63
c) Type d'eau J	64
d) Type d'eau A	64
VI. REGIME des COURANTS et TRANSPORT d'EAU en ADRIATIQUE	67
a) Régime des courants d'été	67
b) Régime des courants d'hiver	70
c) Transport d'eau	71
VII. DYNAMIQUE de la COUCHE INTERMEDIAIRE	73
VIII. CARACTERISTIQUES GENERALES de l'EAU ADRIATIQUE	79
a) Période de salinité plus forte 1) Hiver	79
2) Été	80
b) Période de salinité plus faible 1) Hiver	80
2) Été	80
c) Discussion	81
IX. CONCLUSIONS	84
— RESUME	86
— BIBLIOGRAPHIE	88

Tiskanje završeno 1. marta 1964.

Tisak: Novinsko-izdavačko poduzeće »Slobodna Dalmacija« - Split
SFR JUGOSLAVIJA